

JORGE DANIEL CZAJKOWSKI
ANALIA FERNANDA GOMEZ

AVANCES EN ENERGIAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

asades

Volumen 1
N° 2 - Año 1997

Revista de la Asociación
Argentina de Energía Solar

AVANCES EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE



Revista de la
Asociación Argentina de Energía Solar

CONSEJO EDITORIAL

(en formación)

Graciela Lesino *Salta*
Luis Saravia *Salta*

ASADES

Asociación Argentina
de Energía Solar

COMISIÓN DIRECTIVA

Presidente: Graciela Lesino
Secretario: Adolfo Iriarte
Tesorero: Luis Saravia

COMISIÓN REVISORA DE CUENTAS

Jaime Moragues
Hugo Grossi
Silvia de Schiller

DIRECCIÓN POSTAL

ASADES
INENCO - UNSa
calle Buenos Aires 177
4400, Salta, Argentina
Tel. 54-37-255423
Fax 54-37-255489
E-mail: asades@ciunsa.edu.ar

COMISIÓN DE ARBITRAJE

Lic. Rita Amieva	Dr. Román Buitrago	Ing. Carlos Cadena
Arq. Elio R. Di Bernardo	Sr. Ricardo Echazú	Ing. Alfredo Esteves
Arq. John Martin Evans	Lic. Amílcar Fasulo	Dr. Guillermo García
Lic. Hugo Grossi Gallegos	Lic. Adolfo Iriarte	Dr. Miguel A. Lara
Dra. Graciela Lesino	Ing. Víctor J. Passamai	Arq. Andrea E. Pattini
Dr. Rubén Piacentini	Ing. Gloria Plaza	Dr. Luis Saravia
Arq. Silvia de Schiller	Lic. Jorge O. Tocho	

DIAGRAMACIÓN Y CORRECCIÓN

Comisión Organizadora de la XX Reunión de Trabajo de ASADES
y VI Encuentro Nacional de IASEE - Argentina

Agustín Adaro	Alba Lema
Pablo Galimberti	David Palumbo
Jorge Barral	Adrián Barone

COMPAGINACIÓN E IMPRESIÓN

Graciela Lesino, Ricardo Caso,
Judith Franco, Beatriz Balderrama, Carlos Fernández,
Hugo Suligoy, María Salazar, Alfredo Zerpa
(Salta, Argentina)

INDICE

Conversión Fotovoltaica

Artículos

Elaboración y caracterización de celdas y paneles solares de silicio cristalino para su ensayo en el Satélite SAC-A <i>C. Bolzi; L. Merini; M. Tamasi; J. Plá; J. Durán; C. Bruno; E. Godfrin; A. Lamagna; M. Barrera; L. Quintero</i>	1
Simulador solar para caracterización de paneles fotovoltaicos <i>B. Gottlieb; M. Cutrera; M. Battioni; R. Buitrago; R. Crisalle; Koropecski; R. Arce</i>	5
Nota Técnica Cálculo de predimensionado, inversión y tiempo de amortización, para verificar y evaluar el uso de módulos fotovoltaicos en edificios. <i>F. Garreta</i>	9
Comunicación Abastecimiento eléctrico y de agua potable a una comunidad aborigen aislada en base a energía solar <i>R. Galiano; N. Killer; R. Gómez</i>	13

Instrumentación y Materiales Usados en Energías Renovables

Artículos

Calibrador de sensores de flujo de aire usando sensores de ultrasonido y una computadora <i>D. Hoyos; M. Gea; C. Cadena</i>	17
Sistema de medición y procesamiento de temperatura usando un termógrafo <i>D. Hoyos; I. De Paul; S. Flores</i>	21
Aerodinámica de Cuerpos Romos con Geometría Similar a la de un Destilador Solar <i>N. Salvo; I. De Paul</i>	25
Sistema de Medición de Humedad <i>C. Cadena; D. Cavalli Delgado; L. Saravia</i>	29
Notas Técnicas Propuesta para la corrección del factor de potencia en parques eólicos <i>C. Maffrand; D. Zárate; A. Fernández; A. Cejas; J. Aguirre; J. Dixon; G. Garcia</i>	33
Uso de generadores asincrónicos en microcentrales <i>R. Leidhold; G. Garcia</i>	37
Adaptación de un sistema de adquisición de datos para captura en disco <i>A. Marenzana; M. Lara</i>	41
Medición de variables espectrales en elementos vidriados <i>V. Volantino; E. Cornejo Siles</i>	45
Determinación de la relación conductividad térmica - densidad en hormigones y morteros. Cumplimiento de las condiciones de habitabilidad. <i>V. Volantino; J. Rodríguez Velo</i>	49

Modelización y Simulación

Artículos

Estudio paramétrico simplificado del comportamiento térmico de un satélite en órbita baja terrestre <i>H. Brito; L. Lifschitz; R. Duelli; R. Dean; L. Molisani; S. Maglione</i>	53
Simulación Térmica de un Local Acondicionado Mediante un Muro Acumulador con Ventilación Estructural. <i>L. Saravia; A. Bouciguez</i>	57

Modelo Computacional Analítico para el Estudio de Colectores Acumuladores Integrados Tubulares <i>J. Barral; B. Wood</i>	61
Determinación de las magnitudes psicrométricas de materiales para refrescamiento evaporativo. <i>J. Marchioli; A. Fernández; L. Romero; W. Herrera; Lesino, G.</i>	65
Análisis de la interacción térmica e hidrodinámica en un recinto cerrado producida por convección natural <i>M. Vilte; I. De Paul</i>	69
Estudio de tubos de Transferencia de calor <i>B. Bucki Wasserman; E. Braganza</i>	73
Técnicas de simulación no convencionales video fuera del espectro visible <i>A. Scaliter; P. Genta</i>	77
El viento en los edificios. Conclusiones finales <i>J. Guerrero; C. Moreno</i>	81
Comunicación	
Factibilidad y características generales de un módulo experto aplicable al diseño bioclimático <i>J. Czajkowski</i>	85
Uso Racional de la Energía	
Artículos	
Modelo de Regresión Lineal Simple para Predecir el Consumo de Energía en el Parque Educativo de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. <i>C. Filippin; C. de Rosa</i>	89
Análisis Morfológico, Tecnológico, Energético y Económico del Parque Educativo del Nivel Inicial y Primario de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. <i>C. Filippin; C. de Rosa</i>	93
Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Sector Residencial Argentino: Estado Actual y Posibilidades Futuras <i>C. Tanides</i>	97
Situación Actual de Abastecimiento de Energía de la Población Rural. Grado de Aceptación de un Servicio Eléctrico de Baja Tensión y Disposición de Pago. <i>A. Cometto; A. Fabris; E. Sotelino; M. Marazzi; A. Frigerio</i>	101
Conservación de la Energía en los Edificios: Los Encuentros Característicos de los Cerramientos Translúcidos <i>C. Gentile; E. Rosenfeld; S. Stange</i>	105
Incorporación de los Módulos Edificios Energéticos Productivos (MEEP) de Educación a la Biblioteca Informatizada. <i>Y. Rosenfeld; I. Martini; C. Discoli; E. Rosenfeld</i>	109
Análisis Energético Ambiental del Uso de Combustibles en Pequeñas y Medianas Industrias <i>C. Garcia Ebbens; L. Leanza; J. Parente; N. Odobez; O. Nemer</i>	113
Un Sistema Regulatorio para la Organización del Abastecimiento Energético a Poblaciones Rurales, con el Aprovechamiento de los Recursos Renovables. <i>J. Barrera</i>	117
Necesidad de Calefacción en la Región Centro Oeste del País, Según la Dirección de los Vientos <i>R. Solares; A. Fasulo; L. Odicino</i>	121
Notas Técnicas	
Estudio de la Factibilidad de Refrigerar el Habitáculo de un Vehículo Utilizando el Calor de Escape <i>N. Cotella; S. Antonelli; J. Monge</i>	125
Control Borroso Aplicado a las Bases de Datos del Sector Terciario. Primer Modelo Simple para el Subsector Salud. <i>C. Discoli; F. Romero</i>	129

Hábitat y Ambiente

Artículos

Mediciones de Calidad de Aire en La Plata, Berisso y Ensenada.
M. Rosato; J. Reyna Almandos; J. Ripoli; V. Rosato; J. Albertino; S. Marteau 133

Nota Técnica

Propuesta de ficha de Pre-Inventario Patrimonial Extenso, que Incorpora la Dimensión del Comportamiento Ambiental. 2do Estado de Avance.
M. Dominguez; J. Czajkowski; A. Gómez 137

Tratamientos de Efluentes. Biomasa

Artículos

Muestreo Piloto de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Ciudad de Mar del Plata
M. Menna; S. Jacob; O. Noguera; G. Plaza; H. Di Velz; J. Cid; O. Pacheco 141

Monitoreo Ambiental en Parque Nacional Calilegua
G. Plaza; D. Cabrera 145

Evaluación de Residuos en Parque Nacional El Rey, Salta
G. Plaza; O. Pacheco; M. Lazaric 149

Tratamiento Biológico de Lixiviados de Residuos Sólidos Urbanos con Estiércol Porcino
E. Scaroni; M. Martearena; S. Camacho; G. Plaza 153

Técnicas de Puesta en Marcha para el Pos-Tratamiento Aeróbico de Efluentes Agro-Industriales.
M. Alonso; N. Cayo 157

Nota Técnica

Caracterización del Lixiviado en un Relleno Sanitario de Jujuy (Argentina).
M. Alonso; R. Moyano; S. Barberis; N. Cayo; M. Amador 161

Comunicación

Desinfección de Agua por Via Solar Para Producciones Medianas (Informe de Avance).
J. Franco; H. Barcena; C. Cadena; T. Lagarde 165

Energía Eólica, Geotermia y Otras Energías No Convencionales

Artículos

Banco para Emulación de Turbinas Eólicas
G. Bossio; C. De Angelo; D. Forchetti; G. Garcia; R. Leidhold 169

Determinación del Potencial Eólico en una Región de San Juan. An lisis Económico. Etapa Final
J. Rodríguez; M. Ruiz Palma; A. Giménez; M. Guerrero; E. Sefair 173

Lago Mari Menuco. Parte I: Caracterización del Recurso Eólico
C. Palese; J. Lassig 177

Implementación de Cálculos Estadísticos en un sistema de Adquisición de Datos para Mediciones de Viento
R. Oliva 181

Nuevas Tecnologías

Artículos

Eficiencia de Colección de Radiación UV en Reactores Fotocatalicos Solares. Comparación entre un Reactor Planar y un Reactor Tubular con Reflector
R. Brandi; O. Alfano; A. Cassano 185

Bomba de Aire Comprimido Para la Extracción de Aguas Subterráneas en la Zona de Villa Mercedes (San Luis)
J. Di Genaro; V. Rodrigo; A. Rossi 189

Comunicación

Electrolizador de Agua Prototipo Para la Obtención de Hidrógeno.

O. Armando; G. Dran; R. Gallo; E. Hernandez; C. Muñoz; R. Saavedra; V. Valdez..... 193

Educación en Energías Renovables

Artículos

Energía en Edificios. Evolución de la Materia y Cambios Metodológicos

J. Evans; S. Eguia; G. Casabianca..... 197

Eficiencia Energética y Confort Térmico en la Materia Instalaciones III, FADU-UBA

A. Fernández 201

Maestría y Especialidad en Energía Renovables de la Universidad Nacional de Salta

G. Lesino; J. Franco 205

Diseño, Construcción y Experimentación de un Horno Solar como Experiencia Educativa en el Nivel Medio de Enseñanza

C. Filippin; A. Médici; M. Garcia; A. Staudinger; M. Carrasco 209

Notas Técnicas

Imágenes y animaciones sobre trayectorias solares imágenes para incorporar a videos educativos

C. Delbene; J. Evans 213

Diseño de módulos para aberturas. Experiencia docente en la cátedra Diseño de productos II.

Carrera de Diseño Industrial en la U.N.Cuyo

A. Pattini; M. Vernhes; M. de Armani; D. Giménez 217

Comunicaciones

Arquitectura bioclimática: Una nueva metodología para abordar la temática

G. Gonzalo; S. Ledesma; B. Garzón; V. Nota; V. Guerrero; S. Cisterna 221

Inforse Argentina'97: Energías limpias y renovables, bases para el desarrollo sustentable.

Una propuesta para la República Argentina

M. Alvarez; R. Pedace 225

La Escuela, un vehículo para la introducción de tecnologías alternativas en un contexto de participación comunitaria

S. Carezzo; M. den Dulk; M. Fernández Alvarez..... 229

Enseñanza de conceptos para la captación y conservación de energía solar en una vivienda a estudiantes del nivel medio

J. Follari; J. Piccardo; J. Di Genaro..... 233

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CELDAS Y PANELES SOLARES DE SILICIO CRISTALINO PARA SU ENSAYO EN EL SATÉLITE SAC-A

C.G. Bolzi, L.M. Merino, M.J.L. Tamasi, J.C. Plá, J.C. Durán,
C.J. Bruno, E.M. Godfrin, A. Lamagna, M.P. Barrera* y L.B. Quintero*
Grupo Energía Solar - Depto. de Física - Centro Atómico Constituyentes
Comisión Nacional de Energía Atómica
Av. Gral. Paz km 6,5 - 1650 Villa Maipú
Tel: 754-7131 - Fax: 754-7121 - E-mail: duran@cnea.edu.ar

RESUMEN

Se describen los procesos utilizados para la elaboración de un conjunto de celdas y paneles fotovoltaicos que serán incluidos en el satélite argentino SAC-A, para su ensayo en ambiente espacial. Seis de las celdas serán utilizadas como sensores para la determinación de la posición angular del satélite. Los procesos mencionados incluyen la elaboración de celdas, su interconexión y el armado de los paneles. Las celdas solares fueron caracterizadas eléctricamente antes y después de su integración en los paneles. Se presentan las primeras experiencias de daño producido por bombardeo con protones y neutrones en laboratorio.

INTRODUCCIÓN

El Grupo Energía Solar (GES) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) realiza tareas de I&D en el campo de la conversión fotovoltaica (FV) desde el año 1986. Las primeras actividades estuvieron orientadas al desarrollo de materiales para uso FV (en especial, silicio monocristalino), mientras que a partir de 1992 el trabajo se centró principalmente en el diseño, simulación, elaboración y caracterización de celdas solares de silicio cristalino para usos terrestres y espaciales. Ello permitió, durante 1997, obtener dispositivos con eficiencias de alrededor del 17%.

A fines de 1995, el GES inició actividades relacionadas con el desarrollo de celdas y paneles solares para usos espaciales, dentro del marco de un acuerdo de cooperación entre la CNEA y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). El proyecto está financiado por ambas instituciones y cuenta, además, con la colaboración de INVAP S.E. y de la División Semiconductores de CITEFA. Las actividades incluyen experiencias de celdas solares en satélites argentinos, ensayos de daño por radiación y desarrollo de técnicas de caracterización. El objetivo final es alcanzar la puesta a punto de la tecnología de fabricación de paneles solares para usos espaciales. Ello permitirá proveer en un futuro, total o parcialmente, los requerimientos de potencia en satélites de la CONAE con dispositivos solares nacionales.

En la primer etapa [1], desarrollada durante 1996, el GES elaboró un conjunto de celdas solares que fueron interconectadas e integradas en un panel de vuelo por la empresa brasileña DIGICON. El diseño de esta experiencia fue realizado en colaboración entre el GES, la CONAE y el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de Brasil. La puesta en órbita del satélite en el cual se incluirá este primer panel se encuentra retrasada.

La segunda etapa, actualmente en ejecución, prevé el ensayo en el satélite SAC-A de cuatro celdas individuales y dos paneles solares íntegramente elaborados en la CNEA. El lanzamiento de este satélite está previsto para mediados de 1998. Tres pares del total de celdas incluidas en la experiencia serán utilizados como sensores de ángulo, a fin de determinar la posición del satélite con respecto al Sol. Como paso previo a la elaboración de los paneles de vuelo, se elaboraron dos paneles para ensayos térmicos y de vibraciones. En el presente trabajo se describen los procesos de elaboración utilizados y se analizan las características eléctricas de las celdas elaboradas.

Se realizaron las primeras experiencias de daño por radiación, en particular por bombardeo con: (i) protones mediante un equipo de implantación iónica, y (ii) neutrones, en un reactor experimental del Centro Atómico Constituyentes.

DISEÑO DE LA EXPERIENCIA - ELABORACIÓN DE CELDAS PARA PANELES DE INGENIERÍA

El diseño de la experiencia de celdas solares argentinas en el satélite SAC-A fue realizado en colaboración entre profesionales de la CNEA y la CONAE. Los dispositivos principales del ensayo son dos paneles de 160mm x 70mm con 7 celdas solares cada uno: 4 interconectadas en serie y 3 individuales. Para cada panel, se utilizarán 4 canales analógicos para la medición de la corriente de cortocircuito (I_{cc}), la tensión de circuito abierto (V_{ca}) y un punto de trabajo cercano al de máxima potencia, en las 3 celdas individuales, y un punto de trabajo en las celdas interconectadas. Las celdas para la medición de I_{cc} , junto con otras 4 celdas individuales distribuidas en el satélite, serán utilizadas como sensor de ángulo.

Se elaboraron celdas cuadradas de 25mm x 25mm, estructura n^+pp^+ y una capa antirreflectante sencilla de SiO_2 . El material de partida son obleas de Si monocristalino de origen comercial, dopadas con B y con una resistividad de aproximadamente 1 Ω cm. El proceso de elaboración consta básicamente de los siguientes pasos: preparación de las obleas, oxidación para su utilización como máscara en el proceso de difusión, difusión de los dopantes y depósito de los contactos.

* Estudiantes de la Lic. en Ciencias Físicas de la Univ. de Buenos Aires.

En la elaboración de las celdas para los paneles de ingeniería se utilizó una barrera de SiO₂ para evitar la difusión de P en las zonas cercanas al canto de la oblea, lo que daría lugar a la aparición de una resistencia paralelo que deterioraría las características del dispositivo. Las obleas ya cortadas fueron sometidas a un proceso de oxidación seca, en presencia de TCA, durante 2 horas a una temperatura de 1200°C en el horno de difusión/oxidación. Esto da lugar al crecimiento de una capa de SiO₂ de aproximadamente 0,3 μm de espesor. Luego se abre una ventana en el óxido mediante la técnica de fotolitografía seguida de un ataque con una solución de HF y NH₄F, el cual remueve el óxido y posibilita la difusión del dopante en esa zona.

Entre los métodos de generación de las juntas apropiados para lograr dispositivos de alta eficiencia, se optó por el desarrollado por Basore et al. [2], el cual requiere un único paso a alta temperatura y da lugar a una estructura n⁺pp⁺ con una capa antirreflectante de SiO₂. Este método consta básicamente de las siguientes etapas: depósito de una capa de Al de aproximadamente 1 μm de espesor por evaporación en cámara de vacío, formación simultánea de las juntas frontal, por difusión a partir de una fuente líquida de POCl₃, y posterior, por difusión del Al previamente evaporado. Este último proceso fue realizado a 900°C y consiste en una predeposición de P en ambiente de O₂, un recocido en ambiente de N₂, y finalmente una oxidación en ambiente de O₂, la que da lugar al crecimiento de la capa de SiO₂. La resistencia de capa obtenida osciló entre 50 y 70 Ω/□, con una buena homogeneidad.

Los contactos se obtienen depositando por evaporación en cámara de vacío multicapas de Ti-Pd-Ag. La elaboración de la grilla de contacto frontal se realiza mediante la técnica de fotolitografía. Se ha trabajado con líneas de contacto con un grosor de 50 μm. El proceso de evaporación da lugar a contactos de aproximadamente 0,2 μm de espesor, los cuales, luego de ser sometidos a un recocido de 20 min. a 400°C en ambiente de N₂, se engrosan electrolíticamente mediante una solución de cianuro doble de plata con exceso de cianuro libre, hasta un espesor final de aproximadamente 10 μm.

ELABORACIÓN DE LOS PANELES DE INGENIERÍA

La elaboración de los paneles fue llevada a cabo utilizando una base de Al y elementos calificados para usos espaciales (kapton, elastómero y vidrios), junto con otros elementos desarrollados específicamente (cintas de cobre laminadas y estañadas). La estructura del panel consta de una base de Al sobre la que se adhiere una lámina de kapton; sobre esta última se fijan las celdas solares ya interconectadas, las que a su vez van protegidas frontalmente con un vidrio.

La base de aluminio fue maquinada sobre una plancha de Al de espesor 5 mm, según las dimensiones previamente definidas. Previo al pegado del kapton sobre esta base, se realizó una limpieza de la misma con sucesivos enjuagues con tricloroetileno, acetona y alcohol isopropílico. Por su parte, el kapton se limpió utilizando una solución de tetrahidrofurano, sodio metálico, cloruro de calcio en granos (como desecante) y naftaleno.

Como adhesivo se utilizó el elastómero Silgard 184. Luego de preparada la mezcla de la base con el catalizador, se realizó un desgasado de la misma en cámara de vacío y se la aplicó a la superficie de Al con espátula. Posteriormente, se aplicó el kapton y se introdujo el conjunto prensado en un horno a 100 °C durante aproximadamente 6 horas.

El interconexionado de las celdas entre sí (para los casos de 4 celdas en serie) y con los cables que extraen la señal al circuito externo, se realizó utilizando cintas de cobre laminado (espesor aproximado: 350 μm), de 2 mm de ancho, y estañadas. Las cintas fueron dobladas con una geometría apropiada para disminuir los riesgos de rotura debidos al ciclado térmico al que estará sometido el panel. Todas las conexiones se realizaron en forma redundante, utilizando en cada caso dos cintas independientes para la misma función.

El proceso de soldado de las cintas (*tabs*) a las celdas puede realizarse de dos maneras, ya sea utilizando el método convencional de calentamiento mediante soldador, realizado manualmente, o mediante una máquina de soldadura por punto (*welding*). Si bien se realizaron algunas pruebas preliminares de soldadura por punto utilizando un equipo disponible en CITEFA, se optó por la utilización del método manual dado que no se alcanzó aún la puesta a punto de dicha técnica.

La medición de la curva corriente-tensión (I-V) de las celdas se realizó mediante una carga electrónica e iluminación con 3 lámparas halógenas de tungsteno (250W, 24V), con reflector dicróico. Este sistema de iluminación corresponde a un sol artificial Clase C (Norma ASTM E927). La intensidad de radiación standard (equivalente a 1 kW/m² de la radiación solar) se fija utilizando una celda de referencia comercial. La caracterización eléctrica fue realizada antes y después del soldado de las cintas, no observándose diferencias significativas en los resultados obtenidos.

En la Tabla 1 se dan las características eléctricas de las celdas utilizadas para los dos paneles de ingeniería. La falta de repetibilidad observada está asociada con la utilización de celdas provenientes de experiencias preliminares tendientes a optimizar las diferentes etapas del proceso de elaboración. En las mismas tablas se incluyen también las características de los módulos de 4 celdas en serie. Teniendo en cuenta el equipamiento usado, los errores de los parámetros pueden estimarse en los siguientes valores: $\Delta V_{ca} \approx \pm 0,8\%$; $\Delta I_{cc} \approx \pm 4\%$; $\Delta FF \approx \pm 5\%$. Estos errores no tienen en cuenta la diferencia espectral entre el sol artificial y la radiación solar, contribución muy difícil de estimar con el equipamiento disponible.

TABLA I: Características eléctricas de las celdas utilizadas para los paneles de ingeniería.

Panel	Celda	V _{ca} (mV)	I _{cc} (mA)	FF	Observaciones
1	1	581	115	0,74	Interconexión serie
	2	574	112	0,65	Interconexión serie
	3	559	122	0,65	Interconexión serie
	4	585	120	0,74	Interconexión serie
	5	410	112	0,57	Medición I _{cc}
	6	562	113	0,56	Medición V _{ca}
	7	583	111	0,72	Medición pto. trabajo
	Serie 1-4	2290	110	0,72	Medición pto. trabajo
2	1	595	103	0,76	Interconexión serie
	2	586	110	0,65	Interconexión serie
	3	592	105	0,79	Interconexión serie
	4	595	103	0,80	Interconexión serie
	5	451	112	0,55	Medición I _{cc}
	6	597	122	0,60	Medición V _{ca}
	7	504	103	0,54	Medición pto. trabajo
	Serie 1-4	2360	97	0,77	Medición pto. trabajo

El armado final del panel se realizó en dos etapas: (i) pegado de los vidrios, previamente cortados a las mismas dimensiones de las celdas (25mm × 25mm), sobre cada una de las celdas que conforman los paneles; (ii) pegado de las celdas sobre el conjunto kapton-base de aluminio. En ambos pasos se utilizó el mismo adhesivo (Silgard 184).

Los paneles de ingeniería fueron sometidos a un ciclado térmico en cámara de vacío (entre -25°C y 80 °C) y a ensayos de vibraciones, en laboratorios de INVAP S.E., prov. de Río Negro. Las pruebas eléctricas y la observación visual realizadas luego de estos ensayos no mostraron diferencias con las previas.

ELABORACIÓN DE LAS CELDAS PARA LOS PANELES DE VUELO Y LOS SENSORES DE ÁNGULO

En base a la experiencia obtenida en la elaboración de las celdas para los paneles de ingeniería, se realizaron algunas modificaciones a los procesos con el fin de lograr mayor repetibilidad y eficiencia final de los dispositivos. Por un lado, se eliminó la etapa de oxidación y apertura de la ventana en el SiO₂, debido a que los problemas de falta de repetibilidad en las características de los dispositivos parecerían estar asociados a espesores de SiO₂ que no cumplen apropiadamente su papel de barrera durante el proceso de difusión de P. En su lugar, se realizó la difusión de los dopantes (P y Al) sobre la oblea de 10 cm de diámetro, realizando el corte en obleas de 25mm × 25mm en un paso posterior, lo cual evita completamente la aparición de dopante en los cantos de las celdas.

Por otra parte, cabe destacar que la capa de SiO₂ crecida sobre el área activa de la celda durante el último paso del proceso de difusión, cumple una función antirreflectante en el caso de una interfaz Si-aire (o Si-vacío). En cambio, su efecto es prácticamente nulo en una interfaz Si-adhesivo-vidrio, dado que el índice de refracción del SiO₂ es muy similar al del vidrio y del adhesivo (aproximadamente 1,5). En este caso, una monocapa dieléctrica antirreflectante debe tener índice de refracción de aproximadamente 2,2 (por ej., ZnS o Ta₂O₅) y debe ser depositada directamente sobre el Si o sobre una capa delgada de SiO₂, que actúe como pasivante de la superficie, pero cuyo espesor óptico sea mucho menor que las longitudes de onda involucradas (típicamente, menor que 10 nm). Por tal motivo, a fin de disminuir a valores aceptables el espesor de la capa de SiO₂ crecida durante la difusión, se modificó el proceso de Ref. [2] reemplazando el recocido final en ambiente de O₂ por otro equivalente en ambiente de N₂, realizado en otra boca del horno.

Con un proceso similar al utilizado para las celdas de los paneles de ingeniería al cual se le introdujeron las dos modificaciones mencionadas en los párrafos precedentes, se elaboraron 48 celdas cuadradas de 25mm × 25mm con un área activa[†] de aproximadamente 460 mm². Mediante las curvas I-V obtenidas en las mismas condiciones descritas en la sección precedente se clasificaron estas celdas, seleccionándose un total de 18 celdas para la experiencia en el espacio. En la Tabla 2 se dan las principales características de las celdas seleccionadas para los dos paneles de vuelo como también para las celdas individuales a ser utilizadas como sensores de ángulo. Teniendo en cuenta que los valores presentados corresponden a las celdas sin capa antirreflectante, las eficiencias finales de las celdas en el panel de vuelo (o sea, con capa antirreflectante y vidrio de protección) serán de alrededor del 15%.

Al momento de la escritura del presente trabajo, se estaban llevando a cabo las últimas etapas de la integración (interconexión, depósito de capa antirreflectante, pegado del kapton, celdas y vidrios) de los paneles de vuelo y de las celdas individuales. Estos dispositivos serán sometidos posteriormente a ensayos térmicos y de vibraciones, y finalmente integrados al satélite.

[†] Se define el área activa como el área total difundida n⁺, excluyendo la superficie del bus colector de la grilla de contacto.

TABLA 2: Características eléctricas de las celdas utilizadas para los paneles de vuelo y para la determinación de ángulo.

Panel	Celda	V _{ca} (mV)	I _{cc} (mA)	FF	η (%)	Observaciones
1	1	575	122	0,77	11,8	Interconexión serie
	2	590	121	0,79	12,4	Interconexión serie
	3	591	121	0,76	12,0	Interconexión serie
	4	587	122	0,75	11,8	Interconexión serie
	5	573	116	0,77	11,3	Medición I _{cc}
	6	574	116	0,76	11,0	Medición V _{ca}
	7	587	119	0,78	12,0	Medición pto. trabajo
2	1	575	114	0,76	10,9	Interconexión serie
	2	574	114	0,77	11,0	Interconexión serie
	3	573	114	0,77	11,1	Interconexión serie
	4	575	114	0,76	11,0	Interconexión serie
	5	572	116	0,77	11,2	Medición I _{cc}
	6	575	115	0,77	11,2	Medición V _{ca}
	7	587	120	0,78	12,1	Medición pto. trabajo
Celdas indiv.	1	582	119	0,75	11,3	Sensor de ángulo
	2	574	118	0,76	11,3	Sensor de ángulo
	3	570	113	0,76	10,8	Sensor de ángulo
	4	572	114	0,76	10,8	Sensor de ángulo

PRIMERAS EXPERIENCIAS DE DAÑO POR RADIACIÓN

Se realizaron las primeras experiencias de efectos de la radiación sobre celdas solares. Se utilizaron celdas elaboradas en el GES y comerciales de origen chino (utilizadas por el INPE). Se irradió con neutrones, producidos en el núcleo del reactor RA-1 del Centro Atómico Constituyentes, y con protones, producidos en el implantador de iones del Depto. de Física de la CNEA. Las dosis empleadas van desde 3×10^{10} n/cm² hasta 1×10^{13} n/cm² para los neutrones (con energías >10 keV) y dosis similares para los protones con energías de 120 keV. Se observa degradación en la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto y la eficiencia de todas las celdas ensayadas. En la Tabla 3 se muestran las variaciones de los parámetros característicos para ambos tipos de celdas, irradiadas con neutrones y protones con la máxima dosis utilizada. Teniendo en cuenta que el daño producido sobre el material reduce principalmente la longitud de difusión de los portadores minoritarios [3], se determinará la variación de este parámetro sobre las celdas irradiadas a partir de la medición de la vida media de portadores minoritarios mediante una variante de la técnica OCVD [4].

TABLA 3: Variación de los parámetros característicos de celdas irradiadas con una dosis de 1×10^{13} partículas/cm².

Celda	CNEA-1		CHINA-1		CNEA-2		CHINA-2	
	Sin irradiar	Con neutrones	Sin irradiar	Con neutrones	Sin irradiar	Con protones	Sin irradiar	Con protones
I _{cc} (mA)	149	107	286	221	145	118	288	276
V _{ca} (mV)	600	536	583	501	603	505	598	451

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesionales y técnicos de la CONAE, la empresa INVAP S.E. y CITEFA que colaboraron en el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, agradecen muy especialmente a A. Cuevas por su apoyo técnico al programa fotovoltaico en ejecución en la CNEA.

REFERENCIAS

- [1] C.G. Bolzi et al., Celdas solares de silicio cristalino para uso espacial: primeras experiencias y desarrollo de técnicas de caracterización. *Actas de la XIX Reunión de Trabajo de la ASADES*, pág. 05.1 (1996).
- [2] P.A. Basore, J.M. Gee, M.E. Buck, W.K. Schubert y D.S. Ruby, Simplified high-efficiency silicon cell procesing. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 34, 91 (1994).
- [3] JPL Publication 82-69, *Solar Cell Radiation Handbook*, NASA, California Inst. of Technology.
- [4] C.J. Bruno, M.G. Martínez Bogado, J.C. Plá y J.C. Durán, A new method for the determination of the minority carrier lifetime based on a biased OCVD technique, aceptado para su publicación en *Proc. 26th. IEEE Photovoltaic Specialists Conference* (1997).

SIMULADOR SOLAR PARA CARACTERIZACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS.

Bernardo Gottlieb^{*}, Miriam Cutrera^Ψ, Mario Battioni^{*}, Román Buitrago^{*Ψ},
Raúl Crisalle^{*}, Roberto Koropecki^{*Ψ} y Roberto Arce^{*Ψ}.

INTEC
Güemes 3450 - (3000) Santa Fe
Fax: 54 42 55 0944- Tel: 54 42 55 9190
email: rbuitre@intec.unl.edu.ar

SOLARTEC S.A.
México 2145 - (1640) Martínez - Bs.As.
Fax:54 01 733-0808/3381 - Tel: 54 01 733-4040

RESUMEN

Se realizó el diseño y construcción de un simulador solar estacionario para evaluación de las características de módulos fotovoltaicos de áreas iguales a 1,2 m² o menores. Se procedió luego a su calibración y puesta a punto con el objetivo principal de obtener las curvas I-V de paneles fotovoltaicos a la salida de la línea de producción en fábrica, como parte de las rutinas de control de calidad de los mismos.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del Simulador M-003 surgió de la necesidad de la empresa productora de paneles fotovoltaicos SOLARTEC S.A., de contar con un sistema de prueba de módulos, independiente de las condiciones climáticas, que permita tener control sobre las variables del test. Principalmente se requiere iluminación uniforme y composición espectral similar a la solar sobre un área que abarque a todos los paneles comerciales disponibles en el mercado.

Si bien en el mercado internacional existe este tipo de simuladores solares, se planteó el proyecto debido al elevado costo de los equipos ofrecidos.

Se adoptó el modo de simulador estacionario, frente a la alternativa de simulador flash, por dos motivos:
1- El método flash requiere mayores exigencias técnicas y económicas sobre el sistema de adquisición de datos.
2- La empresa solicitante ya disponía de un sistema de adquisición de datos homologado para condiciones de iluminación natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

La estructura del simulador es desmontable y está armada con perfiles tubulares de hierro que soportan cuatro espejos laterales planos y cuatro espejos superiores parabólicos construidos en acero inoxidable pulido altamente reflectivo. En su parte superior va montada una campana con extractor para la evacuación del aire caliente del interior del simulador.

Luego de numerosos ensayos, contemplando diferentes alternativas en lo que se refiere a la selección de los tipos de lámparas y potencias disponibles, se adoptó como fuente de iluminación un conjunto de 8 lámparas de halogenuros metálicos (Tungsram HGMI 1000W/D1 E40 de alto rendimiento) de un 1 kW cada una, montadas de a pares y en oposición a lo largo del eje focal de los espejos parabólicos. Las lámparas seleccionadas tienen una temperatura color de 6000 °K y son las que mejor reproducen el espectro solar entre las alternativas disponibles en el mercado.

El diseño de espejo parabólico se adoptó a partir de los ensayos realizados con diferentes geometrías.

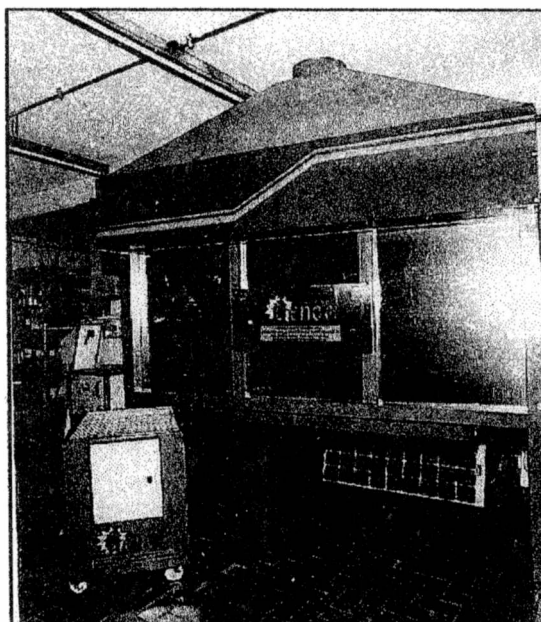


Figura 1: Vista lateral del simulador M-003

^Ψ Universidad Nacional del Litoral
^{*} INTEC (CONICET -UNL)

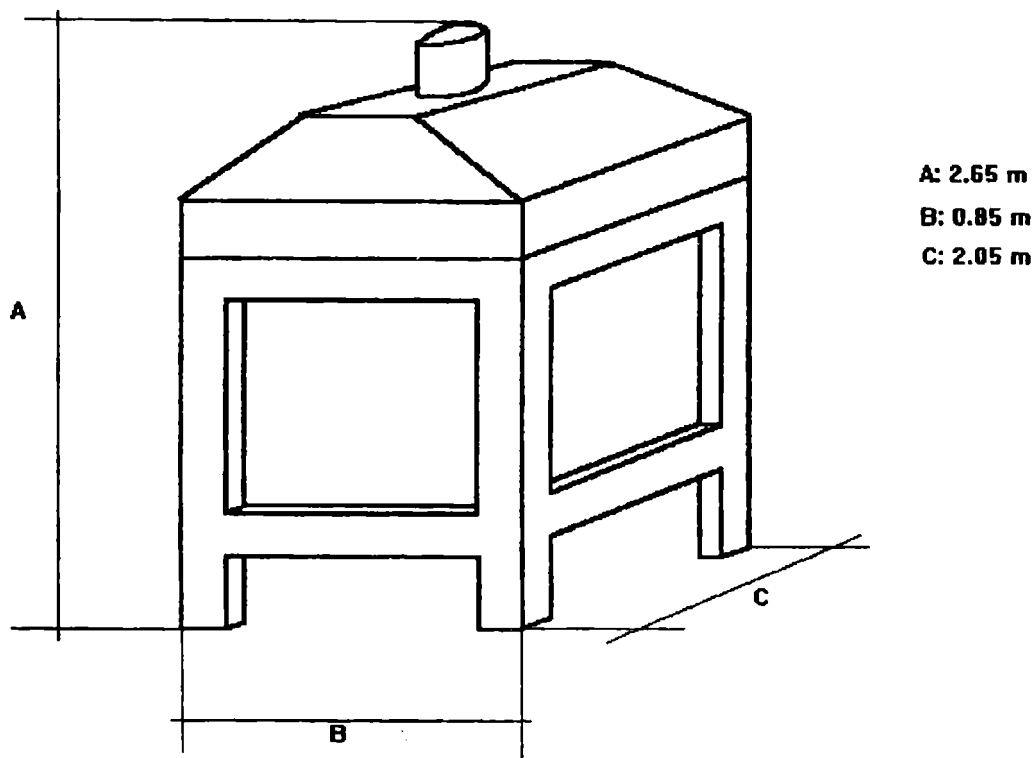


Figura 4: Dimensiones de la estructura principal del Simulador Solar

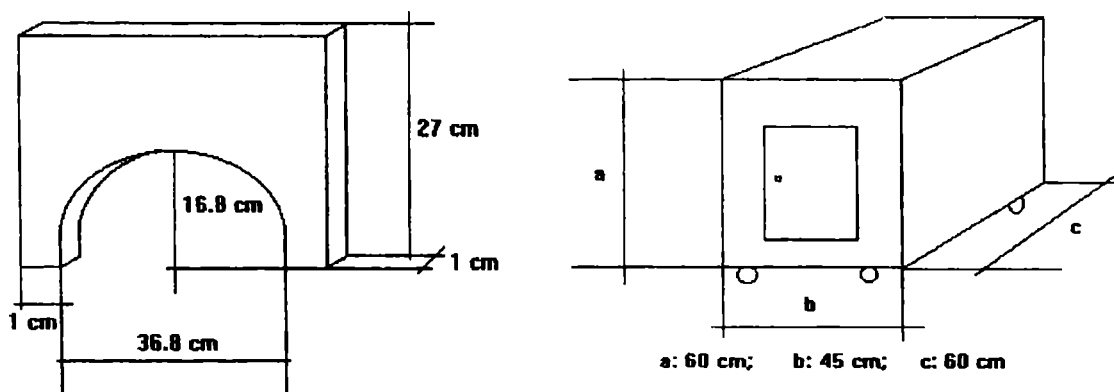


Figura 5: Detalles de soporte del espejo parabólico y banco de balastos.

CALIBRACIÓN

Para lograr el objetivo de obtener una radiación de 1000 W/m^2 de radiación uniforme en un área de $1,2 \text{ m}^2$ a una distancia de un metro de la fuente de iluminación, se comenzó por la caracterización de la distribución de la intensidad de iluminación de lámparas de distintos tipos y potencias. Mediante la simulación por computadora de distintas alternativas de disposición geométrica y distribución espacial, se concluyó en la necesidad de adoptar 8 lámparas montadas de a pares en cuatro espejos concentradores parabólicos. Posteriormente se procedió a optimizar la posición relativa de las lámparas y se estudió la mejor separación entre espejos.

La caracterización de la uniformidad de iluminación se realizó mediante el uso de una celda calibrada del mismo material de los paneles a medir. La celda proveyó la medida de la intensidad de iluminación en los diferentes puntos xy del plano de medición, y estos datos se adquirieron en una computadora tipo PC, en la cual se graficaron las correspondientes curvas de nivel, lo que permitió sistematizar las experiencias de calibración.

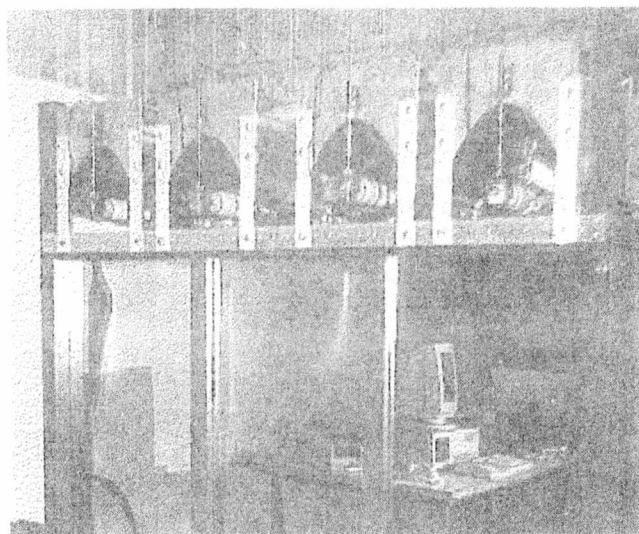


Figura 2: Montaje de los espejos parabólicos y las lámparas.

El soporte de las lámparas va montado sobre las estructuras de aluminio que dan forma y sostienen los espejos parabólicos; dicho soporte permite ajustar la posición de las lámparas, proveyendo suficientes grados de libertad para el ajuste de la uniformidad de la radiación en el plano de medición.

La ubicación del panel fotovoltaico para el ensayo se realiza mediante una bandeja deslizante que permite el posicionamiento fuera de la fuente de calor para no someter al módulo a temperaturas elevadas. El plano de medición se encuentra a un metro de distancia de la fuente luminosa, y es en ese plano donde se asegura una uniformidad de iluminación ajustable entre el 4% y 6%, de acuerdo con la exigencia de la Especificación 101, Segunda Edición, Capítulo 11.3 de la Comisión de Comunidades Europeas.

Para el montaje de los balastos requeridos (Wamco HQI 1000) por las lámparas, se adoptó una estructura móvil, independiente del cuerpo principal, que contiene también el tablero de comando con las correspondientes llaves térmicas y fusibles de protección.

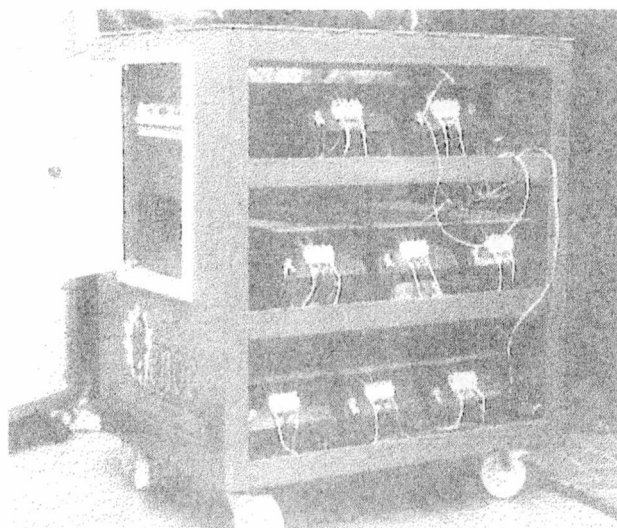


Figura 3: Banco de balastos y tablero de comando.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Alimentación eléctrica:

Trifásica/monofásica 380/220 V C.A. Consumo: 40 A

Tablero de comando:

9 llaves térmicas de 15 A y 9 fusibles para control y protección individual de las lámparas y del extractor

Fuente de iluminación:

8 Lámparas Tungram HgMi 1000 W/D1 E40 de alto rendimiento, con temperatura color de 6000 K .

8 balastos Wamco HQI 1000

Para poder determinar la velocidad de adquisición de cada curva I-V se analizó la influencia térmica en función del tiempo sobre los paneles sometidos a la radiación en el simulador, y se verificó que para tiempos de exposición inferiores a 2 minutos, la influencia de la temperatura está dentro de las normas y es compatible con el sistema de adquisición homologado disponible en la empresa.

Como paso final se procedió a la obtención de la curva I-V de un panel fotovoltaico verificándose la coincidencia de los resultados con los datos obtenidos bajo iluminación natural.

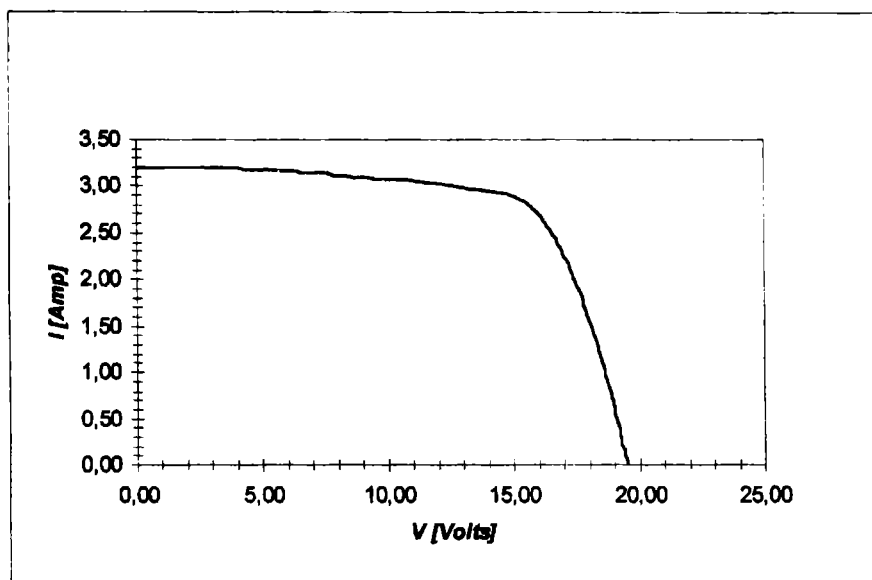


Figura 6: Curva I-V de una panel fotovoltaico obtenida con el simulador solar M-003.

CONCLUSIONES

Una vez ajustado en el laboratorio se procedió al traslado del M-003 a la planta industrial de Solartec en La Rioja, donde fue montado y recalibrado satisfactoriamente. El interés de Solartec en mejorar la calidad de sus productos y la capacidad técnica del INTEC permitió construir un simulador de estado estacionario con materiales existentes en el mercado, que responde a las especificaciones de las normas internacionales a un bajo costo.

REFERENCIAS:

-Comission of the European Communities - Energy
Standard Procedures for the Terrestrial Photovoltaic Performance Measurements
Specification Number 101 - Issue 2 - K. Krebs.
Joint Research Center ISPRA Establishment - Italy.

-Catálogos de lámparas de: Osram, Philips, Tungsram.

CÁLCULO DE PREDIMENSIONADO, INVERSIÓN Y TIEMPO DE AMORTIZACIÓN, PARA VERIFICAR Y EVALUAR EL USO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN EDIFICIOS

F. Garreta

Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICyT
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
CC 1785, Correo Central (1000) Capital Federal
Fax: 01 - 782 887. E-mail evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

Los diversos métodos de cálculo para el dimensionamiento de módulos fotovoltaicos disponibles fueron desarrollados por fabricantes para sus propios productos y modelos, mientras otros, presentados en libros y publicaciones, son de difícil y extensa aplicación y requieren datos específicos. El objetivo de este trabajo es desarrollar un método sintetizado pero suficientemente preciso, que pueda ser aplicado con facilidad en cualquier etapa del proyecto de arquitectura o bien para verificar la posibilidad de usar sistemas fotovoltaicos en edificios existentes. El método resulta adecuado para aplicaciones didácticas en materias técnicas y de diseño de grado y posgrado.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de las últimas décadas y su creciente demanda de energía, plantea la necesidad de incorporar en la formación de profesionales de la construcción, los conocimientos e instrumentos necesarios para verificar y evaluar la utilización de energías limpias y renovables por medio de cálculos sencillos de predimensionado.

En el campo de la energía eléctrica solar generada por módulos fotovoltaicos, es necesario contar con un método práctico de predimensionado, de estimación de costos y tiempo de amortización, para verificar y evaluar la posibilidad de uso de estas sistemas en etapas iniciales del proyecto. Esto también ocurre en el caso de estudiantes de carreras de grado y posgrado, tanto en materias técnicas como en talleres de arquitectura y diseño, que requieren herramientas para evaluar rápidamente el uso de estos sistemas, sin tener la necesidad de profundizar sus conocimientos en este tema. El método debe aportar el área de captación necesaria para su correcto funcionamiento con los datos disponibles durante el proyecto y facilitar así su integración arquitectónica.

Existen diversos métodos de cálculo de módulos fotovoltaicos para aplicar, algunos en programas de computación, en su mayoría desarrollados por los fabricantes para sus propios productos y modelos (1). Otros métodos de cálculo presentados en libros (2) o publicaciones especializadas, resultan de difícil aplicación, requieren datos específicos o demandan mucho tiempo de desarrollo. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es presentar un método sintético y suficientemente preciso, que pueda ser aplicado con facilidad en cualquier etapa del proyecto de arquitectura o bien para verificar la posibilidad de incorporar instalaciones fotovoltaicas en un edificio existente. Los datos de las características de paneles, obtenida de los fabricantes y proveedores a nivel nacional, considerados para ser promediados a los efectos de posibilitar el cálculo, generan variaciones entre los resultados finales que no superan el 10 %. Margen de error suficiente para poder evaluar y predimensionar un sistema.

MÉTODO DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo está orientado hacia el manejo de superficies o áreas necesarias de módulos fotovoltaicos de acuerdo al rendimiento promedio de los paneles más comunes en el mercado nacional y al lugar de emplazamiento, y no hacia la potencia nominal de los paneles.

Para desarrollar el cálculo se realizaron los siguientes pasos:

1. Recopilación de datos de Módulos Fotovoltaicos de primera calidad y de diferente procedencia disponibles en el país (1).
2. Análisis de los rendimientos (en valores normalizados de testeo), costos y características particulares.
3. Zonificación del país según valores similares del recurso de energía solar con datos del Servicio Meteorológico Nacional y CNEA (1, 3, 4).
4. Verificación y promedio de intensidad de radiación solar calculada mediante el programa ISOL (5).
5. Análisis de metodologías de cálculo de distintos fabricantes, distribuidores, publicaciones especializadas y libros (1,2).
6. Desarrollo y verificación del método.

Habiendo analizado información técnica de fabricantes de módulos de distinta procedencia, y relacionando los resultados con el programa de cálculo de radiación solar, se verificó que el rendimiento de los módulos fotovoltaicos estándar de celdas policristalinas, que se pueden encontrar actualmente en el mercado, tienen un valor promedio cercano a 12%, según tipo, fabricación y procedencia. Adicionalmente, la variación de la eficiencia aparente de un módulo en función a la latitud no es lineal, pues depende además de otras variables.

En los países productores de módulos fotovoltaicos, los precios son notablemente más bajos, lo que redundaría en una mayor utilización; aunque se puede asegurar que ésta también depende en gran medida, de políticas gubernamentales que favorecen el

Nota Técnica

desarrollo de energías limpias y de planes a mediano y largo plazo, de conversión de fuentes energéticas tradicionales hacia las renovables, o de menor impacto ecológico (6).

PLANILLA DE CÁLCULO

1. Lugar.

--

2. Demanda diaria de energía.

Aparato	Tensión (volts)	(A) Consumo (watts)	(B) Horas (h)	(C) Fc	(D) Subtotal (w h)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

(E) Demanda total (w h)

--

3. Superficie de captación de radiación solar.

(E) Demanda total (w h)	(F) R prom (w h/ m2)	(G) Superficie (m2)

4. Capacidad de la batería de acumulación de energía.

(E) Demanda total (w h)	(H) Tensión sistema (volts)	(I) Autonom.	(J) Fu	(K) Capac. (A h)
			1.6	

5. Inversión económica (para instalaciones de 0.5 a 3.5 Kw h por día).

(G) Superficie (m2)	(L) Ccsto aprox (\$/ m2)	(M) Costo de la instalación (\$)

6. Gasto anual de electricidad convencional de red.

(E) Dem. (w h)	(N) Conv.	(O) Días/ año	(P) Costo (\$/ Kw h)	(Q) Abono (\$)	(R) Gasto anual (\$)
	1000	365			

7. Tiempo de amortización.

(M) Costo de la inversión (\$)	(R) Gasto anual en electricidad (\$)	(S) T. Amortización (años)

8. Conclusiones.

--

Tabla 1. Planilla de calculo.

REFERENCIAS TABLA 1.

- A: Consumo de cada aparato.
- B: Cantidad de horas de funcionamiento diario máximo estimado.
- C: Factor de corrección según el tipo de corriente que utilice el artefacto. En caso de usar corriente alterna el valor es 1.15, si es de corriente continua es 1.
- D: Consumo diario de cada artefacto. Se obtiene multiplicando A, por B. por C.
- E: Demanda total de energía. Se obtiene sumando los subtotaes D.
- F: Energía eléctrica solar promedio generada por un panel fotovoltaico convencional en la zona del proyecto, según la ubicación y valor de la figura 1.
- G: Superficie o área del panel fotovoltaico necesaria. Se obtiene dividiendo E, por F (se podría estimar una modulación del panel de 0.50m x 1m, 1m x 1m, 1m x 1.5m, 1.5m x 1.5m ó 1.5m x 2m).
- H: Tensión nominal de la instalación (para instalaciones comunes generalmente se utilizan 12 volts).
- I: Autonomía del sistema (cantidad de días que por malas condiciones climáticas los fotovoltaicos no puedan generar energía eléctrica. Podemos estimar entre cuatro y cinco).

Nota Técnica

J: Factor de utilización y seguridad de las baterías. Se puede considerar un valor de 1,6 con una profundidad de descarga de un 60%.

K: Capacidad necesaria de energía acumulada. Se calcula multiplicando E, por I, por J, dividido H.

L: Costo por m² de un modulo fotovoltaico convencional. Los valores del mercado nacional oscilan entre \$700- y \$1400- según la potencia de la instalación (a mayor potencia menor costo). Se puede estimar los siguientes valores, que incluyen equipamiento de automatización, control y seguridad necesario para su correcto funcionamiento:

Tabla 2. Costo aproximado por metro cuadrado según potencia

De 0.5 a 1.5 Kwh/d	De 1.5 a 2.5 Kwh/d	De 2.5 a 3.5 Kwh/d
1400 \$/m ²	1000 \$/m ²	700 \$/m ²

M: Monto de la inversión. Se obtiene multiplicando G por L.

N: Factor de conversión de wh a kwh.

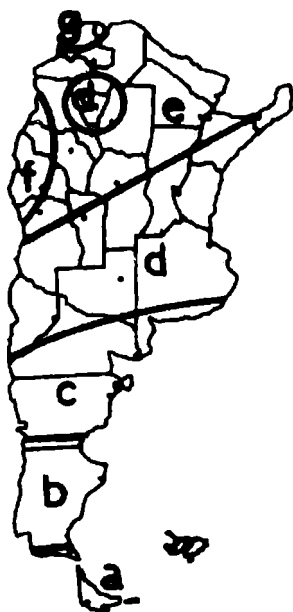
O: Número de días por año.

P: Valor del kwh para uso residencial con impuestos incluidos. Red convencional, aproximadamente 0.12 \$/Kwh.

Q: Costo estimado del abono anual residencial con los impuestos incluidos \$34-.

R: Costo anual del servicio eléctrico. Se obtiene multiplicando E, por O, por P, dividido N; y sumando al total Q.

S: Tiempo de amortización. Se calcula dividiendo M por R.



Zona	Prom. anual	Mes crítico
a	320	290
b	400	360
c	500	450
d	520	470
e	540	490
f	580	525
g	720	650

Figura 1.

Promedio anual e invernal de energía generada por un modulo fotovoltaico convencional (w h/ m²)

El mapa proviene de las publicaciones de Solartec (1) , la tabla es de elaboración propia.

CONCLUSIONES

La aplicación del método contribuye a simplificar las gestiones del proceso de diseño para lograr una verdadera arquitectura solar concebida como un proyecto integral, evitando la yuxtaposición de elementos solares adicionados. Los resultados permiten conocer la superficie de fotovoltaicos, estimar la inversión necesaria y prever el impacto visual que genera la colocación de elementos de captación solar en fachadas, cubiertas, aleros, parasoles, etc., tanto en edificios existentes como en proyectos nuevos o terminados.

REFERENCIAS

- 1). Datos de publicaciones técnicas de los siguientes fabricantes y distribuidores: Solarex, Eco-solar, A.S.E. Americas Inc., Solartec-Siemens, Kyocera.
- 2). Stand-alone Photovoltaic Systems, A Handbook of Recommended Design Practices, 1995.
- 3). Martin Evans y Silvia de Schiller, Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar, EUDEBA, Buenos Aires, 1994.
- 4). Red solarimétrica, No 1 a 13, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, 1979-1985..
- 5). Programa ISOL desarrollado por CIHE.
- 6). Eficiencia Energética, 137, publicación periódica, Junio 1996, Barcelona.

Nota Técnica

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. This is essential for ensuring the integrity of the financial statements and for providing a clear audit trail. The records should be kept up-to-date and should be easily accessible to all relevant parties.

2. The second part of the document outlines the various methods used to collect and analyze data. These methods include interviews, surveys, and focus groups. Each method has its own strengths and weaknesses, and it is important to choose the most appropriate method for the research objectives. The data collected should be analyzed carefully to identify any trends or patterns.

3. The third part of the document discusses the results of the research. The findings indicate that there is a strong correlation between the variables studied. This suggests that the factors identified in the study are significant and should be taken into account in future research and practice. The results also provide valuable insights into the underlying mechanisms of the phenomena being studied.

4. The final part of the document provides a conclusion and a list of recommendations. The conclusions are based on the findings of the research and provide a clear summary of the key points. The recommendations are designed to address the issues identified in the study and to provide practical guidance for future research and practice.

ABASTECIMIENTO ELECTRICO Y DE AGUA POTABLE A UNA COMUNIDAD ABORIGEN AISLADA EN BASE A ENERGIA SOLAR

René O. Galiano (1), Norma Killer (2), Ricardo Gómez (3)
Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe
San Martín 2365-Gal.Garay 5° Piso-3000 Santa Fe-Tel/fax 042-5553376-537497 - E.Mail: lmolina@server1.santafe.com.ar

COMUNIDAD DE EL PALMAR

ASPECTOS SOCIALES

Esta comunidad de origen mocoví se encuentra situada en el Dpto. Gral. Obligado al norte de la Provincia de Santa Fe, a 5 Km. de la localidad de Berna. Está compuesta por 14 familias (unos 51 habitantes). En la mayoría de los casos desarrollan actividades agrícolas temporales con ingresos medios muy bajos (\$ 200 promedio por hogar). Moran en casas de material (construidas por ellos mismos con ayuda de ONG, iglesia y gobierno) asentadas en terrenos cedidos por el Arzobispado de Reconquista (4 Has.).

Cuentan con un comedor comunitario donde cocinan las mujeres y se ofrece desayuno y merienda. También hay una escuela nocturna para adultos que cuenta con un equipo fotovoltaicos de 400 Wp de potencia, que incluso se usa para actividades sociales del paraje.

Las necesidades básicas insatisfechas (NBI) refieren esencialmente a salud, agua, electricidad y comunicación.

OBJETIVO DEL PROYECTO

De las NBI declaradas, la comunidad se inclinó ampliamente por cubrir, en primera instancia, las necesidades mínimas de energía eléctrica para la vivienda y la instalación de un sistema de agua potable con cierto grado de distribución, que alivie la penosa tarea de buscar agua de la única bomba que existe en el paraje.

Analizando el tema del abastecimiento energético, primero se evaluó la posibilidad de llegar con una línea rural desde el punto de conexión más cercano, distante unos 8 Km. del lugar. Esta alternativa resultó inviable fundamentalmente por dos motivos: costo de materiales y ejecución, y escasa probabilidad de pago de la tarifa mínima rural por parte de la comunidad.

Surge así como alternativa lógica, la implementación de sistemas de energías alternativas, en este caso mediante equipamiento fotovoltaico, para iluminación y bombeo.

La decisión sobre la adopción de esta tecnología es consecuencia de los buenos resultados obtenidos hasta el momento en la Provincia, a través del Proyecto de Electrificación Fotovoltaica a Escuelas Rurales del Norte de la Provincia de Santa Fe, que abasteció un total de 161 establecimientos aislados.(1)

No se descarta, ante el futuro crecimiento de la demanda, la posibilidad de incorporar aerogeneradores, en función de los valores que se vienen registrando en las torres anemométricas instaladas en la provincia, en base a un Convenio celebrado entre la EPE y la NRECA de EEUU.

DESARROLLO DEL PROYECTO

PRIMERA ETAPA - ABASTECIMIENTO ELECTRICO

Actualmente dos familias cuentan con baterías de 55 Ah, una con un panel fotovoltaico de 25 Wp, para cubrir necesidades mínimas de iluminación, radio y TV. El resto utiliza pilas, velas, sol de noche (kerosene y gas), candil. Cabe rescatar la coincidencia con un informe realizado entre la EPE y la SEyP de la Nación; en el mismo se determinó que una familia de condición socioeconómica del tipo que nos ocupa, gasta aproximadamente unos 110 lts/año de combustible para iluminación, a lo cual hay que agregar el gasto auxiliar en velas y pilas para el fin, superando en promedio los \$ 15 por mes.(2)

Es claro entonces, que el objetivo comprende mejorar la calidad de vida de los habitantes entregando energía eléctrica a las 14 familias que cubra, en principio, necesidades mínimas de iluminación y comunicación social.

EQUIPAMIENTO A INSTALAR

Se previó el servicio de 3 luminarias de alto rendimiento (tubo fluorescente de 18 W cada uno) y un toma para abastecer un equipo de audio (15 W) o un televisor B y N de bajo consumo (35 W). Se determinó un uso de 1 hora/día para cada luminaria y 1,5 hora/día para televisión o 4 horas/días para radio o equipo de música de baja potencia. Como parámetro de insolación se tomó el valor promedio del mes de junio para la zona, establecido en 4,33 KW-hora/m²/día, que es afectado por un coeficiente de seguridad del 17 % (3,7 KW-h/ m²/día). Estos datos permiten establecer que la disponibilidad de 14

Comunicación

paneles monocristalinos de 36 celdas y una potencia que oscila entre 48 y 53 Wp (existentes en la EPE por desafectación de otros emprendimientos demostrativos) según el modelo, son suficientes para el abastecimiento individual de cada casa.

Artefacto	Consumo A/h-día	
	Con TV ByN	C/equipo audio
Tubos	4,5	4,5
TV o equipo de audio	4,4	5,0
Total Consumo	8,9	9,5

Los paneles a utilizar tienen una antigüedad cercana a los 10 años, prácticamente la mitad de la vida útil, y fueron testeados en laboratorio arrojando como resultado que todos ellos superan holgadamente el 90 % de su potencia nominal original.

Generación de un panel a instalar : $3,7 \times 3,05 \times 0,95 = 10,72$ A/h-día (en el día más corto del año) ; donde 3,05 es la corriente típica de carga nominal que se afecta por el 95 % (dato extraído de laboratorio).

El sistema se completa con una batería de 100 Ah tipo solar con una profundidad de descarga del 50 % y un regulador compacto con sistema FET que contiene alarmas y corte por alta y baja tensión, además de un modificador del tipo de carga según sean baterías de electrolito líquido o selladas. El soporte de paneles permitirá alojar hasta 2 paneles en previsión a una ampliación inmediata o futura.

AUTOGESTION DEL SISTEMA

A partir de las pautas del Mercado Eléctrico Disperso (MED), se determinará una tarifa a cobrar por cada usuario de acuerdo a las posibilidades económicas de la comunidad, lo que permitirá la autosustentación del servicio y la ampliación de los sistemas instalados, en la medida que crezca la demanda. Según la encuesta anteriormente mencionada, la disposición de pago para un sistema de un panel, rondaría entre \$ 10 y \$ 15.

La operación y mantenimiento estará a cargo de un operador de la comunidad, lo que permitirá una atención preventiva constante y soluciones inmediatas ante eventuales desperfectos. El mismo está capacitado por la EPE mediante un curso de operador fotovoltaico, que incluye la parte técnica y el manejo administrativo. También será el encargado de instalar los equipos, mientras que la instalación interna de cada casa corre por cuenta de los usuarios, con la supervisión del operador.

La recaudación tarifaria estará a cargo de un agente de la EPE y será depositada en una cuenta especial dispuesta por el mencionado organismo, de la cual se extraerán los recursos para mantener los sistemas en funcionamiento e incluso, expandirlos en la medida de lo posible.

La gestión será signada por una relación contractual entre el operador y el usuario. A su vez, el operador mantendrá una relación de contrato con la EPE, que determinará las responsabilidades que deberá desarrollar como tal, sin que ello implique una relación de dependencia. En el caso de este proyecto, el operador recibirá como compensación por su gestión, el servicio para su casa en forma gratuita.

Este paraje difiere del Prje. 70,800 (primer pueblo solar de la provincia) en algunos aspectos como el comercial, ya que por su escaso volumen de usuarios no puede cumplir totalmente con las pautas del MED, mientras el segundo sí lo hace en la categoría de proyecto demostrativo. Sin embargo, la electrificación de ambos permitirá observar el comportamiento del usuario ante la propuesta de una nueva forma de mercado, que incluye el pago de una tarifa por el servicio, parámetro que se podrá utilizar en el momento de la creación del MED.

RECURSOS PARA EL PROYECTO PRIMERA ETAPA

Partiendo de la elaboración del proyecto, aporte de los paneles, instrucción del operador, capacitación del usuario y seguimiento de la ejecución por parte de la EPE, el resto de los materiales se adquirirá merced al subsidio otorgado por el Instituto Nacional de Ayuda al Indígena (INAI) a la Comuna de la localidad de Berna, quien administrará los fondos.

En total, entre materiales, asesoramiento técnico y ejecución, esta etapa demandaría unos \$ 15.000, que no incluye lo inherente a instalación interna domiciliaria.

SEGUNDA ETAPA - AGUA POTABLE

Actualmente la comunidad cuenta con 2 pozos dotados de bombas manuales, una ubicada aproximadamente en el centro del poblado para provisión humana y la otra (con agua de inferior calidad) en el extremo posterior del campo para provisión del ganado. El agua es acarreada por los pobladores en baldes de 10 y 20 lts a razón de 4 a 15 viajes diarios según la familia y las actividades del día, variando las distancias recorridas entre 50 y 150 m.

Se intenta instalar un sistema fotovoltaico provisto de una bomba sumergible ya experimentada (SOLARJACK SDS-Q-128) o similar (3), en una perforación de 4", con controlador electrónico y alimentación en 24 V. Estará accionada por 2 paneles

fotovoltaicos de aproximadamente 48 Wp cada uno con una corriente típica de carga de 3,02 A, y provista de un clorinador autocebante de origen francés (DOSATRON) que no requiere energía externa para su inyección. El sistema debe cubrir un mínimo de 150 lts/día por familia.

Durante las horas de insolación la bomba elevará el líquido ya clorado a un tanque central elevado, con una capacidad de 1.000 lts., el cual a su vez derivará a depósitos a nivel (de aproximadamente 700 lts. de capacidad cada uno) distribuidos entre las viviendas para su expendio. Cada depósito está provisto de una bomba manual que obligará a su accionar para extraer el agua, evitando la canilla común que puede producir pérdidas, fundamentalmente por descuido de los usuarios.

La bomba sumergible está calculada para entregar un caudal diario mínimo de 2.880 lts, en el período de menor insolación. Dos sensores en el tanque y dos en la perforación, controlan los niveles dinámicos y de llenado, respectivamente.

Altura de bombeo	13 mts.	Q máximo bombeo	12 lts/min (a 1000 W/m ²)
Pérdida de carga estimada	2 mts.	Consumo	2,6 A
Altura total de bombeo	15 mts.	Horas a max.potencia	4 hs.
		Mínimo Q diario	2880 lts. (21 de junio)

La modularidad del sistema permitirá ampliarlo rápidamente en el caso de un crecimiento en la demanda, lo que hace que los pobladores acepten de buen grado esta propuesta.

RECURSOS PARA EL PROYECTO SEGUNDA ETAPA

La comunidad está gestionando ante el Servicio Provincial de Agua Rural (SPAR), un financiamiento para esta etapa que, a los costos de mercado, demandaría un presupuesto total de \$ 10.000 a \$12.000 tentativamente.

TERCERA ETAPA - BIOGAS

Para cocinar utilizan, en muy pocos casos, cocina a gas licuado en garrafa, y el resto utiliza braseros, alguna cocina económica o fogón a leña y carbón.

Se procurará instalar un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de los restos de comida de la comunidad, así como residuos de las tareas agrícolas que desarrollan.

El biodigestor es muy simple, del tipo campana invertida, para una capacidad de procesamiento que oscila entre 40 y 80 Kg. diarios de restos orgánicos, obteniéndose gas metano con un poder calorífico que varía entre 5.000 y 5.500 Kcal./m³. El cuerpo del depósito es de fibra de vidrio, al igual que el gasómetro, posee una boca de carga con agitador para homogeneizar la mezcla, una descarga inferior y un tubo recolector del biogás de polipropileno, que en su trayecto hacia la fuente de uso tiene intercalada una trampa de agua.

El objetivo es aprovechar el biogás en la cocción de alimentos y, utilizar el compost obtenido como fertilizante en sus huertas. Esto no sólo les permitirá ahorrar el gasto por la compra del gas licuado en garrafa, sino que solucionará parte del problema de la basura, contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

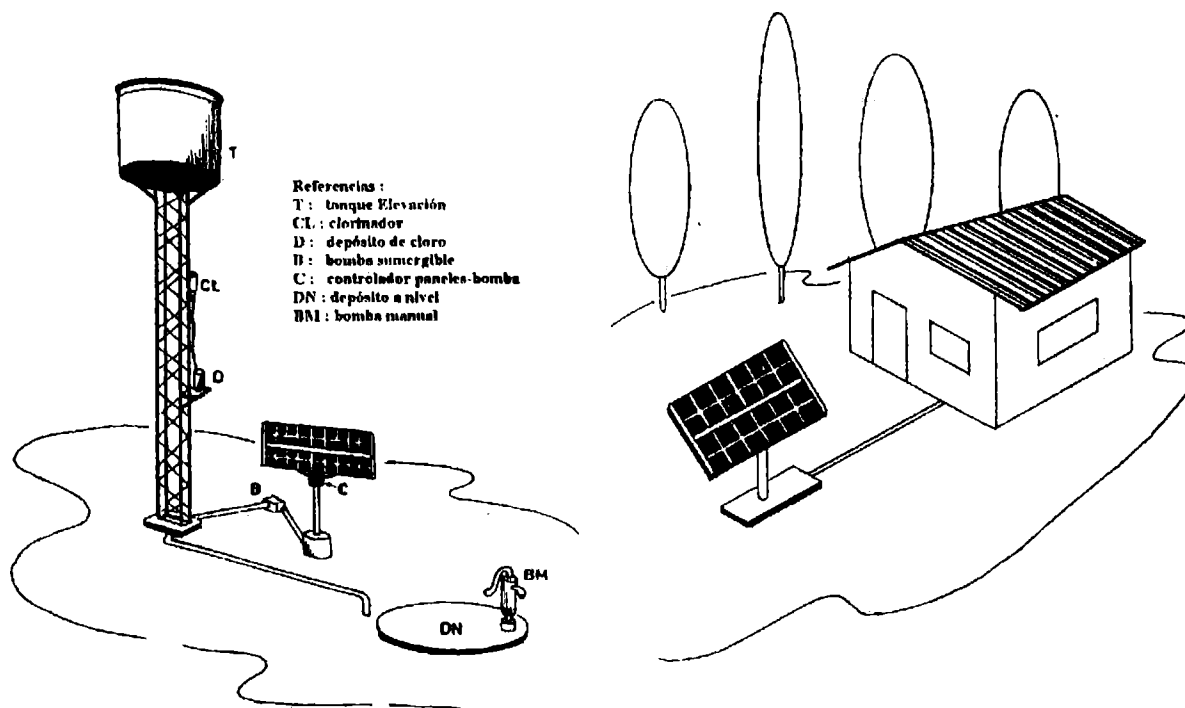
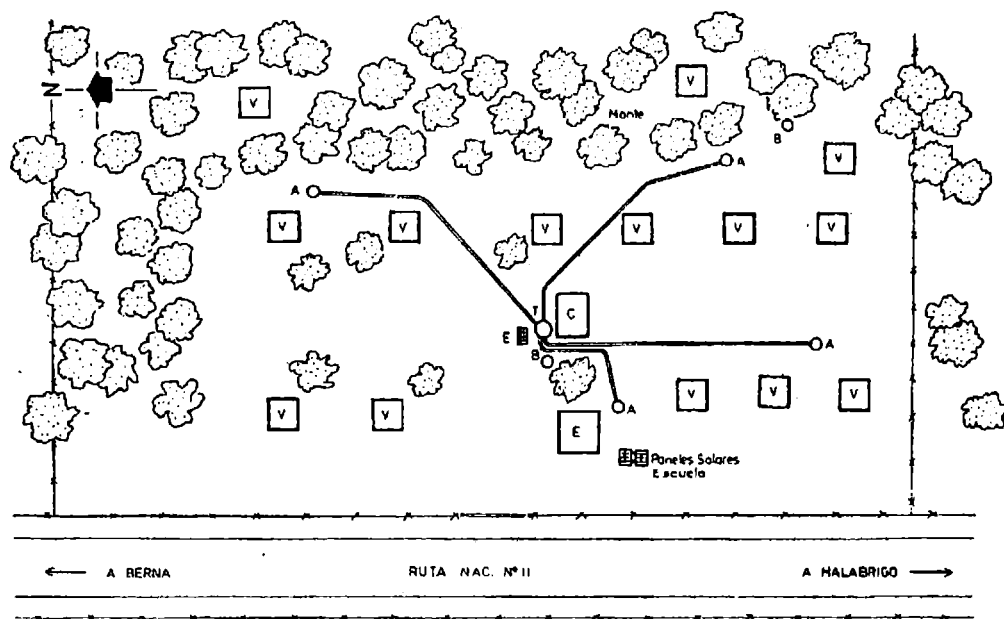
En la provincia ya existen tres emprendimientos escolares de este tipo con muy buenos resultados (4), y un par de industrias que reutilizan el biogás en su proceso.

- (1) Ingeniero - Jefe Sector Estudios Energéticos
- (2) Evaluación y Desarrollo de Proyectos
- (3) Evaluación de Información Energética

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Galiano, R. "Informe sobre la marcha del proyecto de electrificación fotovoltaica de Escuelas Rurales de la ciudad de Santa Fe"- ASADES 1995
2. Secretaría de Energía de la Nación EPE "Mercado Eléctrico disperso de la provincia de Santa Fe" - 1995
3. Galiano, R. ; Killer, N. - "Proyecto de equipamiento fotovoltaico para bombeo de agua potable en la comunidad aborigen de PRJE. 94 - Provincia de Santa Fe" - 1997
4. Grupo de Energía No Convencional, F.I.Q.- "Digestión Anaeróbica de Residuos Sólidos en comedores escolares." - 1996

ABASTECIMIENTO ELECTRICO Y DE AGUA POTABLE A COMUNIDAD ABORIGEN AISLADA EN BASE A ENERGIA SOLAR



CALIBRADOR DE SENSORES DE FLUJO DE AIRE USANDO SENSORES DE ULTRASONIDO Y UNA COMPUTADORA

Hoyos, D; Gea, M; Cadena,¹ C.

INENCO²

Calle Buenos Aires 177
4400- Salta

e-mail hoyosd@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

En distintas aplicaciones energéticas, resulta importante realizar mediciones de flujo de aire, y en general es importante poder disponer de un dispositivo que permita calibrar los sensores, sobre todo los de baja velocidad. Este trabajo describe un equipo que permite verificar el funcionamiento de estos sensores, conectándolos a un sistema que incluye una computadora, una interfase y un equipo de ultrasonido. Para poder realizar la calibración, se debe establecer un flujo de tipo laminar en un ducto, en cuyo centro se aloja el sensor. Para medir dicho flujo, el ducto se conecta a un depósito hermético lleno de agua, el cual se descarga a través de un orificio calibrado, produciéndose una succión que genera una corriente de aire en el ducto. Esta es fácilmente medible, tal como se describe en De Paul et al al 1984. Para el caso que nos ocupa, la detección del nivel de agua y por consiguiente su velocidad de descenso, se realiza con detectores de ultrasonido preparados especialmente.

INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de las mediciones solares, resulta de suma importancia la medida del fenómeno de convección natural, que implica realizar medidas de velocidad de flujo menores al metro por segundo. Considerando que existen en el INENCO un conjunto importante de sondas anemométricas de tipo térmico, y que las mismas deben ser calibradas periódicamente, se decidió plantear la construcción de este sistema, que combina razones de precisión, diseño simple y bajo costo.

En el presente trabajo se describe el desarrollo del sistema y las experiencias realizadas en este sentido, tanto desde el punto de vista constructivo, como de la calibración, y del análisis de resultados.

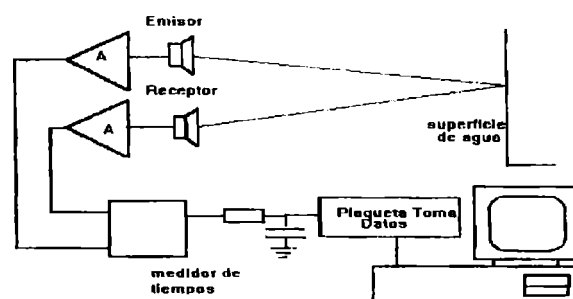


fig. 1: Esquema general

DESCRIPCIÓN GENERAL

En el campo de los sensores de proximidad comerciales de bajo costo se encuentran los de ultrasonido, constituidos por un emisor y un receptor acoplados y trabajando en un rango de frecuencias de cincuenta kilohertz. En la figura 1 se muestra un esquema general del conjunto, donde se incluye: sensores, amplificadores, interfases, placa de medición, computadora y superficie de medición

¹ Profesional Adjunto Conicet

² Instituto Unsa-Conicet

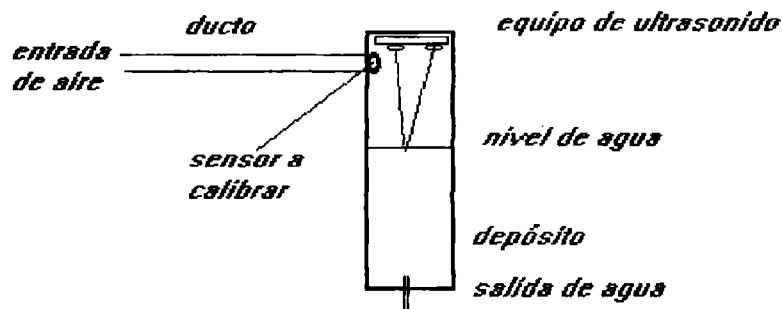


Fig 2: Esquema del equipo

En la figura 2 se muestra el esquema general del calibrador y el ducto. Cabe aclarar que la relación de diámetros, es tal que el diámetro del ducto es mucho menor que el del depósito, y que el orificio de salida de agua es calibrado e intercambiable.

De lo dicho anteriormente, se puede deducir que la velocidad del aire de entrada es una función de la velocidad de descenso del nivel de agua mientras que el orificio de salida está calibrado para cada rango de funcionamiento. Para determinar la posición de la superficie de agua, se genera un paquete de pulsos de 50kHz, tal como se muestra en la figura 3 diag 3, que se hace rebotar sobre dicha superficie. Este regresa al detector luego de transcurrido un tiempo Δt ; este tiempo está relacionado con la distancia a medir, de manera tal que: $e = v \cdot \Delta t / 2$, teniendo en cuenta que "v" es la velocidad del sonido en el aire. Esta velocidad, es independiente de los cambios de la presión barométrica, frecuencia y longitud de onda, aunque es directamente proporcional a la temperatura absoluta: $v \propto \sqrt{T}$.

Si se conoce el tiempo " Δt " con cierta precisión, se puede determinar la distancia de los sensores a la superficie del agua. Como la posición de la superficie del agua está variando, esta medición debe realizarse a alta velocidad, de allí que se emplean una placa de adquisición de datos y una computadora.

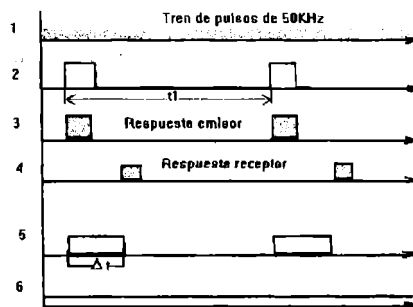


fig. 3: diagrama de tiempos

La señal que debe llegar al generador, es un paquete de pulsos separados entre sí por un tiempo $t1$ (fig. 3, diag. 2). Este tiempo está definido por la máxima distancia que se desea medir y que responde a la ecuación: $t1 = 2em_{max} / v$, para el caso que nos ocupa, este tiempo es de 10mseg, por lo que la distancia máxima (em_{max}), es de 1.7m.

GENERADOR DE PULSOS

El generador de trenes de pulsos de la figura 4 es un dispositivo que envía pulsos en dos rangos de frecuencias: 50kHz y 100Hz. La primera de éstas alimenta al emisor, mientras que la segunda actúa como modulador. El ancho del pulso, delimita la distancia mínima de trabajo, mientras que el período de la onda, la máxima.

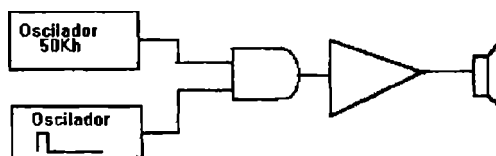


fig.4: generador de pulsos

AMPLIFICADOR E INTERFASE

Considerando que la señal de sonido decrece exponencialmente con la distancia, para ciertos recorridos será necesario amplificarla adecuadamente. Otro detalle a considerar es el hecho que la frecuencia de modulación es muy próxima a la red, y por lo tanto aparecen señales indeseables que son difíciles de filtrar. Por otra parte existe una reflexión el fondo del recipiente, que introduce una señal espúrea. Estas señales pueden enmascarar las medidas y por esta razón se procede al filtrado de las mismas. El amplificador en este caso tiene una ganancia de unas mil veces, y está concebido en dos etapas para una mejor respuesta.

La señal respuesta del amplificador es comparada con una tensión de referencia ajustable, de acuerdo con las dimensiones del depósito. Para realizar la medición de tiempos se emplea un circuito con memoria, que funciona con una lógica de "ceros y unos". Su señal de salida tiene una frecuencia fija., y un ancho de pulsos variable, existiendo una proporcionalidad entre éstos y la distancia que se desea medir.

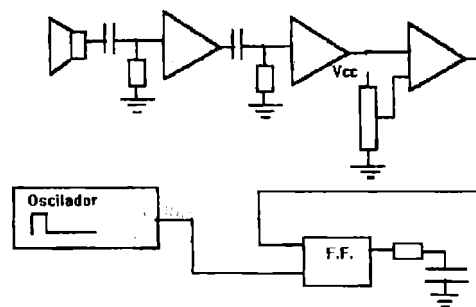


fig.5: amplificador e interfase

PROGRAMA DE CALIBRACIÓN

En la figura 5, se representa un diagrama de flujo que describe el funcionamiento del programa "calibra.bas". El mismo está realizado en QB, y permite obtener una tabla de calibración y los coeficientes de una correlación, para cualquier sensor a calibrar. Los datos se ingresan mediante una placa de adquisición y del reloj de la propia computadora.

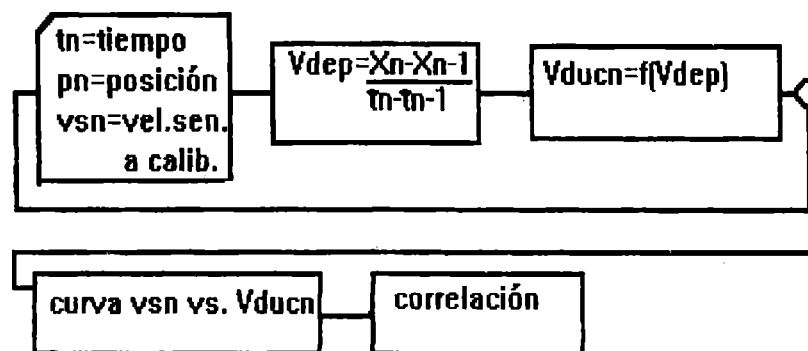


fig. 5: diagrama de flujo

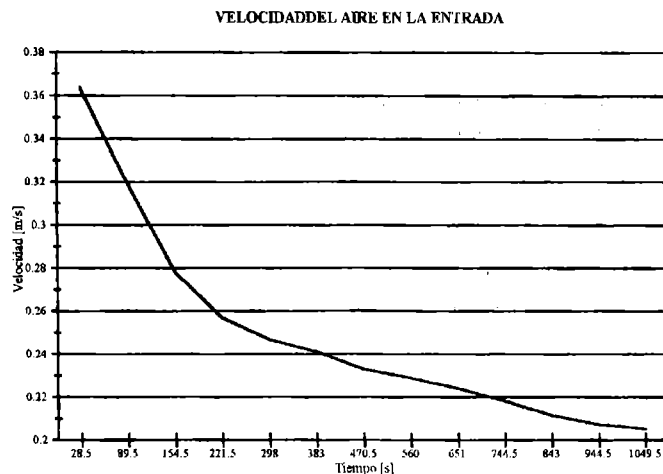


fig.6: curva de velocidad

MEDIDAS REALIZADAS

Se realizó una curva de calibración del equipo, verificando la relación entre los “tiempos” y la “distancias”, generándose un archivo que representa la posición de la superficie del agua en función del tiempo. La velocidad de la superficie del agua se obtiene de $\Delta x/\Delta t$. Los parámetros medidos son: Δx , Δt , y la señal de salida del sensor a calibrar. Con estos datos se calcula V_{dep} .

En la gráfica de la figura 6 se representa la velocidad del aire (V_{max}) en el ducto en función del tiempo. La misma proviene de la ecuación siguiente: $V_{mduc} = V_{dep} \cdot A_{dep}/A_{duc}$, y además $V_{max} = 2V_{mduc}$, de donde:

- V_{mduc} =velocidad media en ducto
- V_{dep} =velocidad en depósito
- V_{max} =velocidad máxima en ducto
- A_{dep} =área del depósito
- A_{duc} =área ducto
- V_{sn} =velocidad del sensor a calibrar

Cabe aclarar que estos datos valen para el intervalo comprendido entre 0.2-0.4m/s. Para otros rangos se necesita cambiar el diámetro del orificio calibrado.

CONCLUSIONES

El instrumento descrito en este trabajo permite agilizar la calibración de los sensores de flujo de aire en bajas velocidades, mediante el uso de una computadora PC para procesar los datos obtenidos. En el caso que el sensor sea alineal se entrega un archivo con la cantidad de puntos que se desee, dado que este sistema puede tomar una cantidad muy grande de puntos permitiendo disminuir el error cometido. El costo del equipo es de aproximadamente quinientos pesos, sin incluir la computadora, ni la placa de adquisición. La fuente de error proviene principalmente de la medida de tiempos, y de la posición de la superficie.

BIBLIOGRAFIA

- De Paul, I Cadena, C Lesino G y Saravia, L. (1984). Construcción y calibración de anemómetros de baja velocidad *Actas de la 9 Reunión de trabajo de ASADES*
- Tompkins, W. J. Webster, J G. (1988). Interfacing sensors to the IBM@PC *Pretince Hall*.
- Norton, H N. (1982). Sensor and analyzer handbook *Pretince Hall*
- Seto William. (1982). Teoría y Problemas de acústica. *Serie de compendios Schaum*

SISTEMA DE MEDICIÓN Y PROCESAMIENTO DE TEMPERATURA USANDO UN TERMÓGRAFO

Hoyos D., De Paul I., Flores S.
INENCO
Buenos Aires 177
Salta C.P.4400
email hoyosd@ciunsa.unsa.edu.ar

RESUMEN

En las aplicaciones de energías renovables a diversos sistemas, muchas veces nos enfrentamos con la necesidad de conocer las variaciones temporales y espaciales de la temperatura en alguna o varias de las superficies del sistema, tales como paredes, cubiertas, etc. En este trabajo se desarrolla un sistema para realizar mediciones de este tipo, utilizando como elementos un termógrafo, un procesador de imágenes, una PC y un grupo de programas especialmente desarrollado para realizar la medida y el procesamiento de las imágenes térmicas. Se muestra el resultado de su aplicación al comportamiento térmico de un destilador para ensayo en laboratorio.

DESCRIPCIÓN DEL TERMÓGRAFO

El termógrafo es una cámara de video sensible a longitudes de onda en el rango del infrarrojo, que ingresan al equipo atravesando una óptica de silicio y son captadas por un CCD ubicado en su interior. Con la ayuda de un controlador es posible seleccionar las bandas de temperatura que pueden ser de 5 °C, 10 °C y 20 °C, 100 °C en las cuales se presupone caerá la medida, como así también enfocar la óptica para obtener la nitidez deseada en la imagen.

La información de la intensidad luminosa es transformada a temperatura y convertida al sistema PAL por el mismo termógrafo, la imagen puede visualizarse utilizando un monitor de video convencional. El termógrafo mide temperaturas entre 0 y 127 °C, con una precisión de 0.1 °C de acuerdo a la curva de calibración suministrada por el fabricante, el conversor A/D del termógrafo es de 7 bits, lo que permitiría medir temperatura con una resolución de 0.039 °C en la banda de 5 °C, 0.078 °C en la banda de 10 °C y 0.15 °C en la banda de 20 °C, por lo que en este último rango la precisión dada por el fabricante en la calibración es imposible de alcanzar.

Existen algunas opciones muy interesantes, como la medición puntual de temperatura, o temperaturas promedio por áreas.

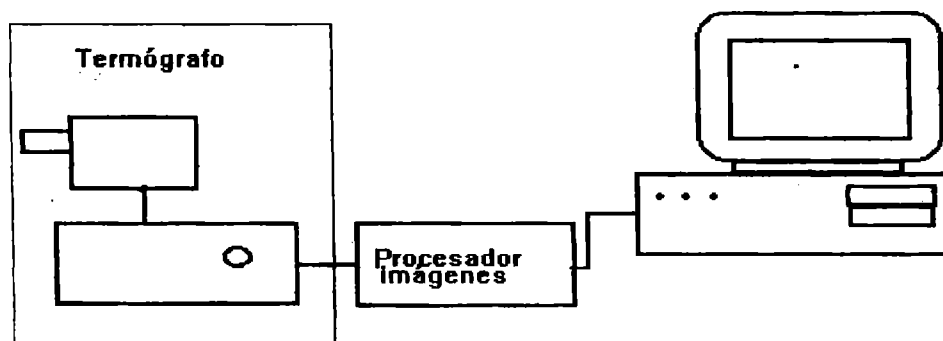


Fig.1: Esquema general

Se contrastó la respuesta del termógrafo con un patrón de referencia y se verificó la calibración suministrada por el fabricante realizando la experiencia en un ambiente sin luz externa, y con una temperatura homogénea de 25 °C en el ambiente. En presencia de luz externa y con temperatura homogénea en el ambiente se verificó que se corría la curva de calibración en 0.5 °C en el rango entre 30 y 40 °C.

Sin embargo, se presentan con el uso del termógrafo algunos inconvenientes. Es prácticamente imposible manejar la inmensa cantidad de información contenida en la imagen sin un procesador auxiliar.

Por estas razones, para aumentar la potencialidad del equipo, es conveniente colocar una computadora y un procesador de imágenes, como se muestra en el Fig 1.

PROCESADOR DE IMÁGENES

El procesador de imágenes ITEX-MFG permite captar la información de una cámara con sistema PAL. El tamaño de la imagen es de 640 x480 pixeles y permite visualizar 16×10^6 colores. Se encuentra colocado en el bus de expansión de un computador 486 DX2. Para acceder a las distintas funciones del procesador de imágenes se deben utilizar rutinas suministradas por el fabricantes que deben ser programadas en C, que fueron agrupadas en un programa denominado TERMO.

CALIBRACIÓN DEL TERMÓGRAFO

El CCD del termógrafo es un arreglo matricial de sensores de intensidad luminosa, cada uno de los cuales presenta características de comportamiento ligeramente distintas. Sabemos que esta intensidad viene dada por la ecuación 1, con T en °Kelvin, σ constante de Stefan-Boltzman y ϵ emisividad que depende de la superficie. La intensidad captada por los sensores se transforma en una salida de tensión y el procesador del termógrafo es el encargado de convertir este dato en un valor de temperatura, por medio de una relación lineal dada por la ecuación (2)

$$I = \epsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

$$T = a.V + b \quad (2)$$

Para mejorar la calibración del termógrafo, es necesario disponer de información sobre el comportamiento de cada pixel (P) de la imagen. Para esto se necesita conocer los valores de referencia de intensidad del pixel (Pmin) a la temperatura mínima de la escala (Tmin), el valor de intensidad del pixel (Pmax) a la temperatura máxima de la escala (Tmax) con lo cual la temperatura registrada por el pixel de intensidad P sería

$$T = (T_{max} - T_{min}) / (P_{max} - P_{min}) * (P - P_{min}) + P_{min}$$

La calibración del equipo se realizó tomando imágenes térmicas de una fuente calibradora (cuerpo negro) MIKRON M340 a las dos temperaturas anteriormente mencionadas. Estas imágenes son guardadas como archivos tif y posteriormente procesadas desde un programa desarrollado en el sistema KHOROS[1] que dispone de un conjunto de rutinas de procesamiento digital de imágenes, que pueden ser combinadas en un programa mayor, en función de las necesidades del usuario, realizando en el procesamiento a nivel de imágenes las operaciones descritas en el punto anterior. El programa desarrollado se denomina *Cal_Temp2*.

PROGRAMAS DE APLICACIÓN

Se describen a continuación distintos programas de aplicación desarrollados en la plataforma Khoros.

Tomando una imagen térmica procesada por el programa *Cal_Temp2* se puede elegir una zona de la imagen y obtener datos estadísticos de la misma: valor medio, valor eficaz, desviación standard, varianza, máximo, mínimo, valor de la integral. Se debe notar que la información suministrada por este programa depende de la disposición geométrica del termógrafo respecto del sistema a medir, ya que si su posición cambia en dos medidas diferentes, los datos no son comparables. El nombre de este programa es *Termo2*

Una imagen térmica suministrada por el termógrafo es muy precisa; esto que puede ser una ventaja no permite visualizar rápidamente en forma cualitativa la información, entonces es importante disponer de un programa que discretizando la imagen, muestre con falso color las distintas franjas de temperatura. Esto lo realiza el programa *Discre_temp* dividiendo la intensidad de cada pixel de la imagen por un número igual a 255 dividido el número de franjas que se quiere obtener y luego multiplicando la intensidad del pixel por el mismo número, como el procesador trabaja con números enteros se obtienen franjas discretas de igual temperatura.

También se puede necesitar conocer que fracción de la superficie contribuyó con una dada temperatura a la emisión. El programa *Franjatemp* se encarga de realizar esta acción. Utilizando las dos temperaturas límites se obtiene una imagen que tiene valor cero si se encuentra fuera de la franja y toma valor uno si se encuentra dentro de la franja, por lo tanto la integral sobre la imagen es el valor buscado.

El programa *Isoterma* se encarga de obtener las líneas de igual temperatura. Realiza un filtrado pasabajo para alisar la imagen. Luego discretiza la imagen teniendo como umbral la temperatura deseada; con un filtro gradiente se obtiene uno si encuentra un borde y cero si no lo encuentra, luego invierte la imagen para obtener una máscara que es aplicada a la imagen original utilizando una función AND.

Si la emisividad ϵ_1 con la que se realiza la medida no es la que corresponde a la superficie observada, se puede corregir la temperatura medida usando el programa *Emisividad*, que modifica el nivel de gris de cada pixel con la siguiente expresión.

$$T_2 = (\epsilon_1 / \epsilon_2)^{1/4} * T_1 + ((\epsilon_1 / \epsilon_2)^{1/4} - 1) * 273$$

donde ϵ_2 es la emisividad correcta que corresponde a la superficie que se quiere analizar si fuera una zona de emisividad no uniforme.

El programa *Gradiente* se encarga de dibujar sobre la imagen una aproximación del gradiente del campo de temperatura. Divide la imagen en zonas de 64x64 pixeles, con un filtro pasabajo suaviza la imagen y encuentra la temperatura media. Elige una franja centrada en la temperatura media y discretiza dejando uno si la temperatura se encuentra en esta franja. Si se realiza un cálculo de serie discreta de Fourier en dos dimensiones sobre la zona, se observa que el resultado presenta una línea brillante en la dirección perpendicular a la franja tratada, lo que coincide con la dirección del gradiente de temperatura en la zona. El programa discretiza esta imagen, la invierte y la aplica a la imagen original, obteniéndose una serie de líneas que indican la dirección del gradiente.

APLICACIÓN

Se utilizó este sistema de medida para analizar el comportamiento térmico de un destilador para ensayo en laboratorio. En este trabajo se presenta el tratamiento de la información de una de las imágenes a modo de ejemplo de las posibilidades del sistema de medida y de las ventajas de los distintos procesamientos de la información utilizados.

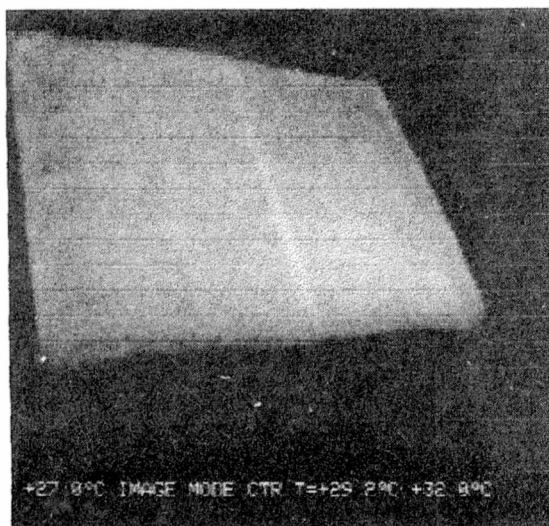


Fig. 2: Imagen térmica del destilador

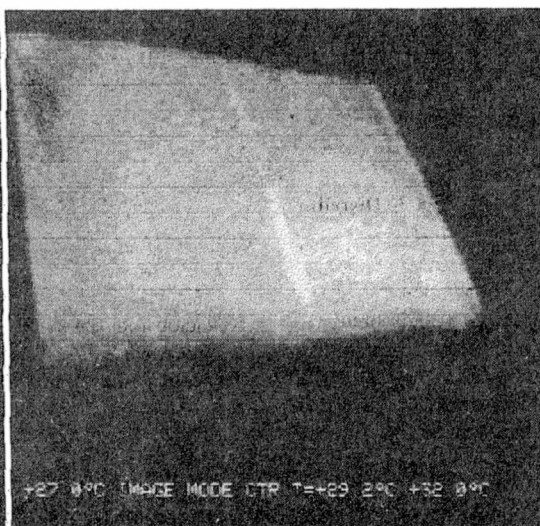


Fig. 3: Imagen discretizada en 8 niveles que muestra inhomogeneidad

La figura 2 muestra la imagen térmica del destilador sin procesar. El programa *Discretemp* se utilizó sobre esta imagen, realizando una discretización, figura 3, poniendo de manifiesto una inhomogeneidad en el campo de temperatura, antes imperceptible, cuyo origen era una pequeña deformación en la superficie de calentamiento del agua, que actúa concentrando el agua caliente en una zona particular del destilador. Esto muestra la importancia del sistema de análisis en la optimización del diseño térmico de un dispositivo, analizando con el mismo las variaciones de temperatura y sus causas, cambiando el diseño hasta que la variación de temperatura no sea significativa.

Se seleccionó un área que cubre aproximadamente toda la cubierta del destilador y con el programa *Termo2* se obtuvo los siguientes valores:

Valor medio=28.5 °C	Mínimo= 27.35
Valor eficaz=28.5 °C	Máximo= 29.60
Varianza=0.15	Integral=1.70*10 ⁻⁹
Desviación Standart= 0.4	Número de puntos medidos=60000

Utilizando el programa *Franja_temp* se determinaron cinco franjas de temperaturas, cada una de las cuales contribuye a las pérdidas térmicas en cierta proporción del área total de la cubierta. El programa permite calcular el área de contribución de cada temperatura. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Rango de temperatura (°C)	Porcentaje de área (%)
27 a 28	83
28 a 29	5
29 a 30	14
30 a 31	3
31 a 32	3

Tabla 1

El programa *Isotermas*, figura 4, permite trazar las líneas de igual temperatura sobre la imagen, facilitando la interpretación y la determinación del gradiente de temperatura. La figura 4 muestra las isotermas obtenidas a partir de la imagen de la figura 2. Este programa es interesante de utilizar para analizar en varias imágenes el desplazamiento de una isoterma en el tiempo.

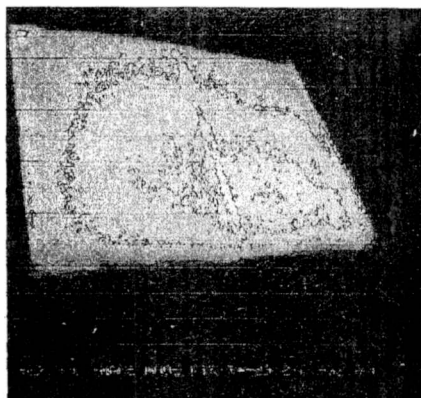


fig. 3: Distribución de isothermas correspondientes a la imagen de fig 2.

CONCLUSIÓN

El uso del termógrafo permite obtener una información muy detallada del comportamiento térmico de un sistema, pero son necesarias algunas herramientas, que permitan simplificar la información obtenida de forma que puedan ser interpretadas para análisis y/o comparadas con la de algún otro sensor. Los programas presentados en este trabajo permiten aumentar las potencialidades del termógrafo, en algún caso suministrando información cualitativa, que es muy importante y en otros casos obteniendo datos que simplifican el análisis térmico del sistema, por ejemplo, la integral de una zona tiene una relación directa con la cantidad de energía absorbida.

NOTA:

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSA)

REFERENCIA Y BIBLIOGRAFIA

- [1] KRI. Khoros Pro User's Guide, *Khoros Research Inc* (1997)
- [2] Jain A. J., *Fundamentals of digital image processing*, *Pretince Hall* (1989)
- [3] Gonzalez R. C Woods R. E., *Digital Image Processing*, *Pretince Hall* (1992)
- [4] Barbe D.F., *Charge-Coupled Devices*, *Springler-Verlag Berlin* (1980)

AERODINAMICA DE CUERPOS ROMOS CON GEOMETRIA SIMILAR A LA DE UN DESTILADOR SOLAR

Rolando Nahuel Salvo, Irene De Paul
INENCO - Universidad Nacional de Salta Calle Buenos Aires 177, (4400) - Salta, Argentina
Teléfono: 54 87 255424, Fax: 54 87 255489
E-mail: nahuel@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

El propósito de este trabajo es evaluar y describir el comportamiento de un flujo de fluido alrededor de un cuerpo con geometría similar a la de un destilador solar tipo batea con cubierta a dos aguas, empleando los resultados obtenidos de una serie de experiencias realizadas con un túnel de viento. Se describe el movimiento del aire cuando este incide sobre un cuerpo, aerodinámicamente romo. Para esto se realizaron medidas de velocidad del aire en diferentes zonas cercanas al modelo propuesto. Con el objeto de visualizar la influencia de la forma del cuerpo, se prueban diferentes relaciones entre superficie de la base y altura del mismo. Se presenta en forma gráfica los perfiles de velocidad obtenidos y se analizan los mismos.

INTRODUCCION

El principal efecto que produce la presencia de un obstáculo sólido en una corriente fluida es la de modificar drásticamente la configuración fluidodinámica del flujo. Esto implica una modificación en fenómenos de difusión, transporte y mezcla aguas abajo, ya que hay un cambio en la distribución de velocidad.

Los fenómenos de difusión y mezcla en flujos turbulentos están gobernados por generación de vórtices a gran escala. Los flujos de corte, por lo general son sensibles a diferentes perturbaciones, por lo que es factible suponer que la estructura de la estela depende entre otras cosas de factores geométricos de superficies próximas al punto de separación. Las diferentes perturbaciones generadas por la presencia de elementos sólidos presentes en una corriente fluida serán diferentes si uno tiene en cuenta parámetros como ser tamaño relativo del objeto y su disposición en la corriente fluida, ya sea el caso de considerar la repetición de un mismo elemento en la corriente bajo estudio.

Desde el punto de vista aerodinámico el diseño geométrico de un determinado prototipo influye en el movimiento del aire que lo rodea. Los sistemas solares, por ejemplo, funcionan a la intemperie y están expuestos a corrientes de aire, de modo que el balance térmico entre interior y exterior dependerá, entre otros parámetros, de la velocidad del viento. Además, sabemos que cuando un flujo de fluido rodea a un sólido, la forma del perfil de velocidad, dependerá entre otros parámetros de la geometría de la superficie sólida del cuerpo. Por lo tanto, como a su vez los coeficientes de transferencia son función de la velocidad del fluido, es de esperar que la forma geométrica del prototipo a ensayar deba ser considerada cuando uno desea evaluar, por ejemplo, pérdidas por convección.

Un modelo físico tentativo debe comprender las fluctuaciones de presión y velocidad en los bordes del objeto, expuestos a la corriente de fluido. Estas fluctuaciones inducidas por la acción del flujo de fluido, se transforman conforme son arrastradas en fluctuaciones de vorticidad en el punto de separación del flujo que origina la capa de corte de la estela. Está claro que estas fluctuaciones de vorticidad pueden ser amplificadas conforme evoluciona la estela.

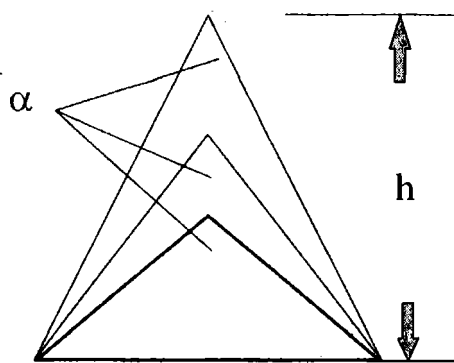
En el presente trabajo experimental se muestran los resultados obtenidos a partir de mediciones realizadas a escala de laboratorio. El objetivo del mismo es tratar de visualizar la influencia de factores geométricos en el punto de separación. Por otro lado, la idea general es la de estudiar en alguna medida los estados de flujo cuando éste se encuentra con la presencia de un objeto determinado.

DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

Para realizar la experiencia se propuso la geometría que se muestra en la figura 1. Las dimensiones de los modelos utilizados son: Modelo 1 $h = 40$ mm, Modelo 2 $h = 60$ mm y Modelo 3 $h = 80$ mm.

En los datos que se analizan, la nomenclatura utilizada es: U_{media} y V_{media} son las velocidades en la dirección x e y respectivamente. Las tensiones de corte que se muestran es el producto de sus variaciones turbulentas. (Tensiones de Reynolds)

$$U = u_x + v_y \quad u = U_{media} + U_{turb} \quad v = V_{media} + V_{turb}$$



El modelo se construyó con perfiles de aluminio.

Como el propósito es el de poder investigar cómo varía el comportamiento del fluido que rodea al cuerpo cuando varía su forma, se modificó la altura h . Si se cambia h , manteniendo la superficie de la base del prisma constante, cambia el ángulo α , o sea la inclinación de las dos caras del cuerpo. Lo que se logra con esto es modificar el ángulo de ataque. La experiencia se realizó con un túnel de viento como se muestra en la figura 2.

Las medidas del perfil de velocidad en el túnel de viento se realizaron empleando anemometría de hilo caliente (The StreamLine System).

Figura 1

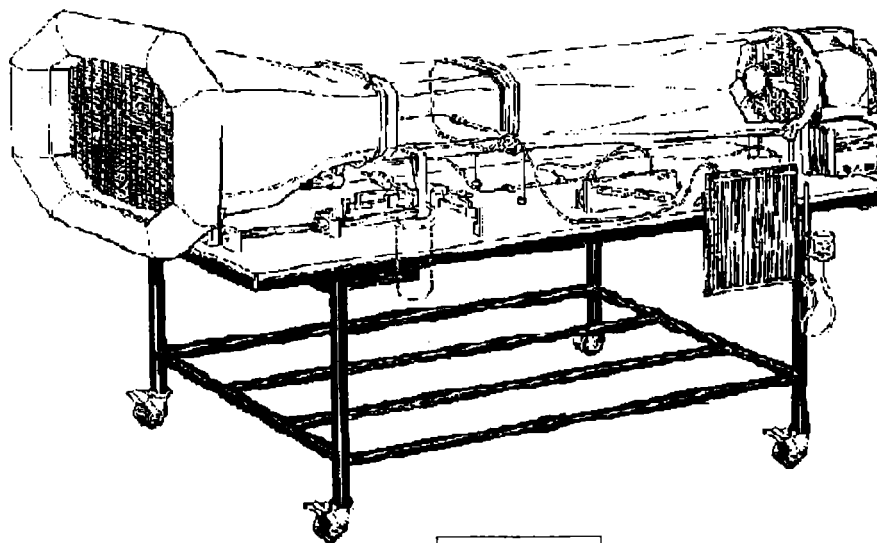


Figura 2

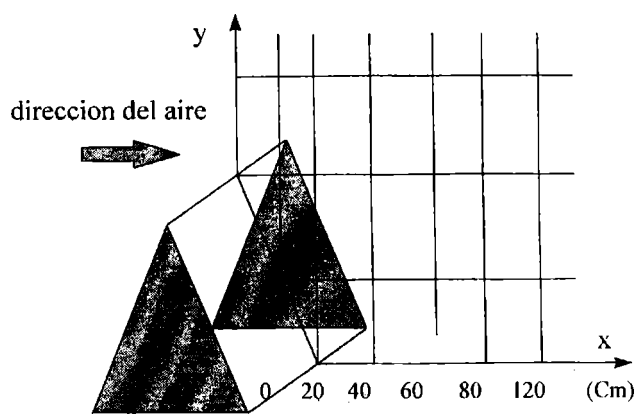


figura 3

La forma del prototipo empleado es semejante a un destilador solar de agua o al techo de una vivienda de geometría muy sencilla

En la figura 3 se muestra la grilla utilizada donde se realizaron las diferentes medidas.

La grilla está ubicada en un plano que se localiza en la zona central del cuerpo, con lo cual sólo se pueden cuantificar efectos bidimensionales en el flujo de fluido.

TUNEL DE VIENTO

El túnel de viento está construido en fibra de vidrio, con una zona en acrílico (metacrilato), que es la zona de medición, de 30 cm de longitud.

El aire en el túnel se mueve por succión, realizada por un ventilador axial de 1.5 Kw de potencia, montado en la salida de la sección de difusión. La velocidad de giro del ventilador es regulable lo cual permite obtener distintas velocidades. En la entrada del túnel está colocada una malla tipo panal de abeja que cumple la función de uniformizar el flujo.

Para el cálculo de la velocidad del aire se utiliza un manómetro inclinado el cual está instalado en un costado del túnel, calibrado en metros/segundos. En el proceso de calibración del túnel es necesario tener en cuenta la siguiente expresión de la densidad del aire:

$$\rho = \frac{1.293 * P_{atm}(mmHg) / 760}{(1 + 0.00367)T_{amb}(^{\circ}C)}$$

ya que la velocidad se calcula a partir de las medidas de presión que resultan de la expresión $\Delta P = 1/2 \rho v^2$.

SISTEMA DE TOMA DE DATOS

El sistema StreamLine es un sistema de medida integrado, el cual está basado en Anemometría de Temperatura Constante (CTA), en combinación con una PC, el cual cuenta con un sistema automático de calibración e interfaces A/D. Con este sistema de adquisición de datos uno puede realizar medidas de velocidad en forma instantánea, además de poder calcular variables estadísticas como: Velocidad Media, Intensidad de la Turbulencia, Momentos de mayor orden, etc., en uno o más puntos del espacio. El Hardware es controlado por la PC y el soft de aplicación corre bajo Windows.

Los módulos CTA funcionan de acuerdo al principio de Anemometría de Temperatura Constante, donde la sonda forma parte de un puente de Wheatstone, el cual incluye una década de resistencias internas del alta precisión que sirve para determinar la temperatura de operación de la sonda y permite ajustarla con una resolución del orden del 0.1%.

El sistema de calibración permite calibrar las sondas en aire o en otros gases. El módulo de calibración puede ajustar las velocidades desde unos pocos cm/seg. hasta Mach 1.

RESULTADOS

En los gráficos que se presentan a continuación, se muestran los valores medidos para el Modelo 3. Los valores de velocidad están adimensionalizados con respecto a la velocidad del aire en el Túnel de Viento. Su valor es de 8.33 m/seg. A modo de ejemplo se muestran los resultados para las medidas de U_{media} y V_{media} para el Modelo 3. En la primera gráfica se puede observar los valores que toma la velocidad del aire para diferentes alturas. Las distintas curvas están parametrizadas para distintos valores de x (Ver Figura 3)

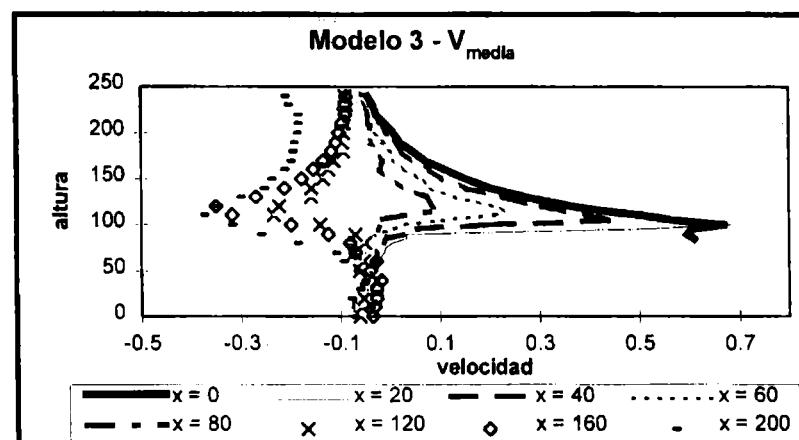


Figura 4

Del análisis de los gráficos se puede evaluar en alguna medida el comportamiento general del flujo y detectar la evolución del punto de inversión de la componente y de la velocidad. Para este caso el cambio de signo en V_{media} se produce a mayor altura, cuando aumenta el valor del parámetro x . En el caso de la velocidad del aire en la dirección x (U_{media}), Figura 5, la misma se mantiene siempre positiva, pero tiene un cambio en el valor absoluto. Estos cambios en el valor absoluto de la velocidad acompañan el cambio en el signo de la velocidad en la dirección y . Este análisis pone en evidencia el efecto de "plataforma" que ejerce la cara que enfrenta el flujo y la succión que se produce en la cara posterior por efecto de la turbulencia.

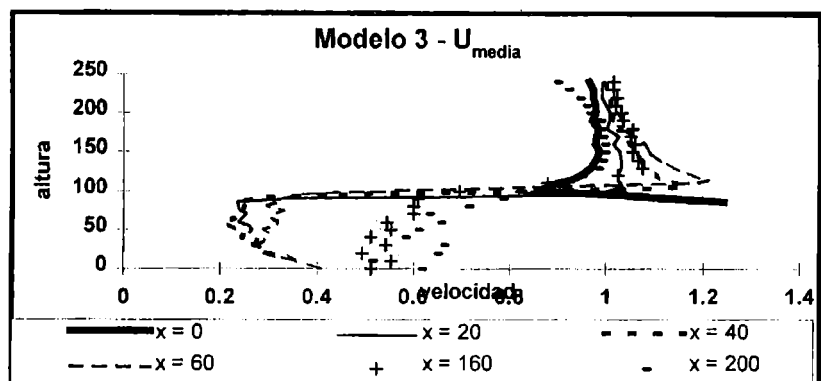


Figura 5

Una primera conclusión a partir del análisis realizado es que la variación de los valores se debe a que unas medidas están siendo realizadas dentro de la Capa Límite y otras fuera.

La gráfica que se muestra a continuación, Figura 6, muestra las Tensiones de Corte turbulentas. Las mismas están definidas por el producto de $U_{turb} * V_{turb}$ donde cada una de ellas es la variación temporal con respecto a la velocidad media.

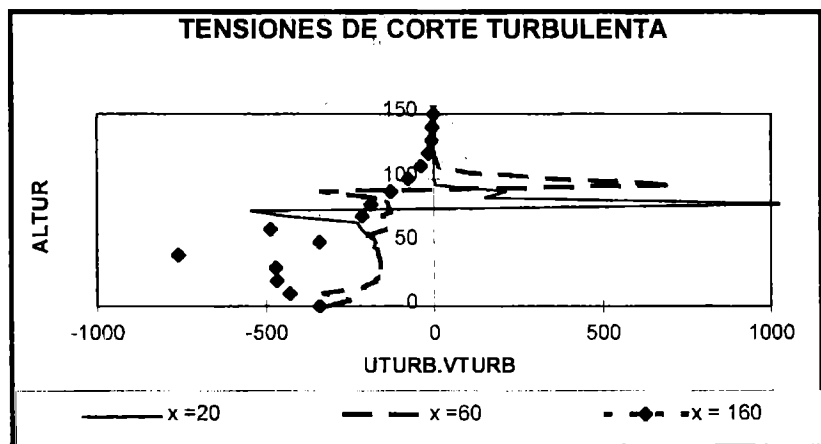


Figura 6

Un análisis similar de la altura donde se producen las máximas variaciones en las tensiones de corte, permite ubicar el límite entre la Capa Límite generada por el obstáculo y el flujo en el túnel. Dentro del rango de medidas de la experiencia se observa que la altura de la Capa Límite se estabiliza aproximadamente en una altura de $5h/8$ para una distancia aguas abajo del orden de dos veces la dimensión vertical del cuerpo en el Modelo 3, mientras que en el Modelo 1 lo hace a una altura de $3h/4$ a una distancia de $1.5h$. La zona de turbulencia detrás del modelo se puede estimar a partir de la posición en función de x de los puntos de inversión de la velocidad. Esto último es un factor importante a tener en cuenta cuando uno desea colocar varios objetos similares.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- TURBULENCE. J. O. Hinze. Second Edition. Mc Graw Hill Book Company.
- 2.- WIND TUNNEL TESTING. AIn Pope, N. S. John Wiley and Sons, Inc. New York.

NOTA: El presente trabajo ha sido financiado parcialmente por el Consejo de Investigación de la UNSa.

SISTEMA DE MEDICION DE HUMEDAD

Cadena*, Carlos; Cavalli Delgado&, Duilio; Saravia†, Luis
INENCO** - CONICET
Universida Nacional de Salta - Buenos Aires 177 - 4400 Salta
Fax 087-255489; e-mail: cadena @ ciunsa.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en el desarrollo de un equipo para determinar la humedad relativa por medio de un método indirecto, determinando "el punto de rocto de un espejo". Se desarrolla la forma de realizar dichas medidas disponiendo de termómetros electrónicos, y de un dispositivo detector fotoelectrónico. Para realizar las mediciones es imprescindible el uso de una "placa adquisidora de datos", que se utiliza como interfase. Estos son ingresados, leídos, traducidos y luego almacenados para la realización de distintos tipos de análisis en la PC. Tanto la programación de la placa adquisidora de datos, el control que se tiene sobre el equipo medidor, cálculos de valores reales de temperatura, presión atmosférica y el cálculo teórico de humedad, como así también las gráficas de visualización de la variación de los parámetros en la computadora, fueron realizados utilizando Lenguaje C++. Aunque en principio la programación puede realizarse en otros lenguajes. El error del método está provocado casi con exclusividad por la determinación del instante de condensación en el espejo. Los errores en las mediciones de temperaturas, y los provocados por la placa adquisidora pueden despreciarse. El error final en la determinación de la humedad, está por debajo del tres por ciento.

INTRODUCCIÓN

La *humedad* es un parámetro físico cuya medida se puede obtener en forma directa o indirecta, de acuerdo a las características del sensor. Una definición práctica y sencilla puede ser enunciada de la siguiente manera: "la humedad es la medida del vapor de agua presente en un gas". A raíz de esto surgen diferentes tipos de definiciones como la *humedad absoluta* (la masa de vapor de agua presente en un volumen unidad). Consideramos la *humedad relativa* expresada como la relación entre la presión de vapor de agua presente y la presión de agua requerida para la saturación, a una temperatura dada. Esta relación nos permite una más clara y fácil apreciación de parámetro pues se expresa en tanto por ciento, es por eso que la *humedad relativa* es la medida de humedad más comúnmente utilizada incluso en informes meteorológicos. Además es importante destacar la dependencia de este parámetro con la temperatura.

Entre los métodos clásicos de medición de humedad se encuentran los que emplean sensores resistivos o capacitivos, con costos que oscilan entre los doscientos y mil pesos y precisiones variables entre cinco y diez por ciento en los valores extremos de humedad.

El método de medición empleado, que podría definirse como de laboratorio, o como uno de los más precisos, es equivalente al "psicrométrico" con algunas modificaciones, fundamentalmente debido a ciertas complicaciones que existen para medir la temperatura de "bulbo húmedo". Para efectuar la determinación de ese parámetro es necesario mantener la mecha del termómetro permanentemente saturada con agua destilada, manteniendo además el flujo de aire constante. Los parámetros a medir para este caso son la "temperatura ambiente" y la "temperatura del punto de rocío". El error del método psicrométrico, y obviamente su costo, depende entre otras razones de la precisión de los termómetros empleados, y estos pueden ser electrónicos o los clásicos de vidrio.

TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCÍO

Antes de interesarnos en la determinación de la misma, es conveniente tener en claro su significado físico: La "Temperatura del Punto de Rocío" es la temperatura a la cual las fases líquida y vapor de un fluido están en equilibrio (el punto de equilibrio entre las fases vapor y sólido se denomina " punto de escarcha "). También se dice que en éste punto (rocío) se produce la saturación del vapor de agua, tal como se muestra en la figura 1.

La humedad está relacionada con las presiones parciales de vapor, y por la misma causa con las temperaturas del aire húmedo. De allí que en la figura 1 se puede ver que a cada temperatura corresponde una humedad absoluta de saturación. Todo este proceso se realiza manteniendo la presión constante. La curva indicada como "curva límite" corresponde al caso en que el vapor de aire está saturado, se la llama también "curva de saturación".

* Profesional Adjunto Conicet

& Alumno UNT.

† Investigador Conicet

** Instituto Unsa-Conicet

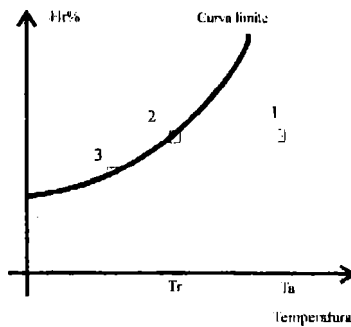


Fig. 1. : Cambio de humedad para distintas temperaturas.

Todos los estados ubicados debajo de la curva de saturación, solo contienen vapor de agua en la masa de aire húmedo. Los estados ubicados por encima de ésta curva o en su proximidad pueden tener estados inestables o de sobresaturación. Observando la figura 1, y considerando un estado determinado por debajo de la curva de saturación (estado 1), la masa de aire correspondiente tendrá una humedad menor a la humedad de saturación correspondiente a esa temperatura (T_a). Supongamos que realizamos un enfriamiento de la masa de aire manteniendo la humedad constante (tramo 1-2), el valor encontrado sobre la curva de saturación (estado 2), es el correspondiente a la temperatura del punto de rocío (T_r). Ahora veamos lo que sucede si una vez encontrado este valor de temperatura seguimos enfriando la masa de aire húmedo (tramo 2-3). Se producirá entonces una separación de las fases líquida y gaseosa y el aire húmedo quedará con menor humedad que la que tenía inicialmente.

La mayoría de los sensores electrónicos del punto de rocío son del tipo *superficie enfriada y condensación*, o del tipo de *disolución de cloruro de litio saturada*. En el trabajo se desarrolla el método de superficie enfriada y condensación que se explicará. El método consiste en enfriar una superficie cuya temperatura se puede medir, hasta que se produzca el efecto de condensación sobre ella. Llegado a este estado, se mide la temperatura de la superficie (temperatura de rocío buscada).

CIRCUITO ENFRIADOR

Teniendo en cuenta que se considera necesario obtener una disminución de temperatura o mejor dicho una pérdida de calor sobre una superficie determinada, resulta de suma utilidad considerar un circuito de enfriamiento. Este circuito está formado básicamente por un dispositivo refrigerador llamado “celda peltier”, alimentado por una fuente de corriente (Figura 2).

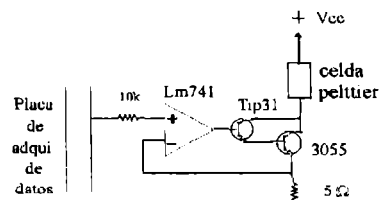


Fig. 2. : circuito refrigerador

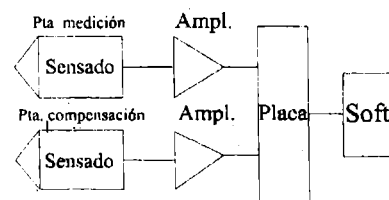


Figura 3.: esquema de medida

Tal como se ve en el circuito, la corriente que atraviesa la celda peltier es variada desde la placa de adquisición de datos. Esta variación, es controlada para producir un mayor enfriamiento de una de las caras hasta llegar a la temperatura deseada (punto de rocío). Las propiedades de la fuente de corriente son calculadas en base a la información de la celda Peltier utilizada y de acuerdo a la temperatura a la que se desea llegar (en °C). La peltier utilizada tiene entre otras las siguientes características: dimensiones físicas: 15 x 30 x 15 mm x 3.2 mm, diferencia de temperatura máxima de una cara a la otra: $\Delta T_{m\acute{a}x} = 67$ °C, corriente máxima admisible: $I_{m\acute{a}x} = 3$ A. De acuerdo a los datos extraídos de la celda utilizada, se diseña y calcula una fuente de corriente cuyo valor máximo es de $I_{m\acute{a}x} = 2$ A.

MEDICIÓN Y CÁLCULO DE TEMPERATURAS

Considerando que el método consiste en hacer bajar la temperatura del espejo en forma artificial hasta el valor del punto de rocío rápidamente, la medición de la temperatura de la superficie enfriada, se realiza utilizando como elemento sensor una termocupla, adoptada por su rapidez de establecimiento, linealidad en el rango deseado, costo, etc. El método de compensación usado en ésta oportunidad es por software, ingresando a la PC mediante los canales de entrada analógica de la placa adq., los datos de temperatura de la “punta de medición” y de la “punta de referencia” por separado (Figura 3).

Para conseguir la ganancia calculada, se utiliza un amplificador operacional “chopper” por sus características de alta ganancia, bajo offset y para evitar de esta manera posibles errores ocasionados por la deriva térmica. La determinación de la otra temperatura, se realiza utilizando como elemento sensor una “Resistencia de Platino”, alimentada por una fuente de corriente. La corriente excitadora debe ser pequeña (del orden de los μA) para no provocar sobre la Rpt un efecto de “autocalentamiento”.

Para el diseño, se utiliza el LM334 como fuente de corriente ajustable por el usuario. Este dispositivo opera con tensiones de alimentación que van desde 1V hasta 40V y posee una variación lineal con la temperatura. Para compensar esta variación se coloca en el circuito un diodo de silicio, adoptándose una corriente del orden de 50uA.

El coeficiente de resistencia de la R_pt en función de la temperatura es de aproximadamente 0,4 ohm/°C. Se sabe además que la R_pt tiene un valor de 100 ohm a una temperatura de 0°C. Teniendo en cuenta la salida de la fuente de corriente se tiene: $V_{rpt} = I_{out} \times R_{pt}$

$$\Delta V_{Rpt} (0^\circ C) = 18,08 \mu V / ^\circ C$$

El rango de variación de la placa como se dijo es de ± 10 V, del cual se tomará solamente de 0 a 10 V para las temperaturas de 0°C a 50°C. A partir de esto podemos encontrar la amplificación adecuada:

$$Amp1 = \Delta V_{placa} / \Delta V_{rpt} = 1.111, \text{ considerando la amplificación de la placa de "x10"}$$

Este amplificador es similar que el realizado para la punta de medición de la termocupla .

Considerando los valores extremos de medida sobre la resistencia y la amplificación calculada obtenemos:

$$V_{out}(0^\circ C) = 4,999 \text{ V} \sim 5 \text{ V} \quad V_{out}(50^\circ C) = 5,999 \text{ V} \sim 6 \text{ V}$$

Si se hace la diferencia de estos valores obtenemos 1 Volt., el cual multiplicado por "x10" de la placa, ésta entrega una variación de 0 a 10 V deseada. Para ello se debe realizar una compensación de la medición para obtener los valores correctos. Los anteriores indican claramente cual es el valor de compensación : $V_{comp} = 5 \text{ V}$ Este valor se obtiene mediante un circuito de compensación utilizando un C.I. LM 1403. El coeficiente del conjunto es: $Coef1 = Coef0 \times Amp1 = 18,08 \mu V / ^\circ C \times 11.111,11 \sim 200 \text{ mV} / ^\circ C$

De la misma manera que para el caso de la punta de medición, se obtiene un nivel de señal de ruido indeseado, por lo que se hace necesario proceder de igual forma que en el caso mencionado, colocando un "filtro pasa bajo" de 2° orden. La detección del cambio de fase o instante de condensación, puede realizarse por varios métodos. Estos métodos, requieren siempre de una superficie sobre la cual se producirá el efecto de condensación. La superficie usada para esta situación es un espejo acoplado térmicamente a la cara fría de la celda peltier siendo el elemento sensor un dispositivo "opto-reflectivo" CNY70. De otra manera, al empañarse el espejo se produce una desviación del haz infrarrojo que recibe el fototransistor, produciendo una valor leible que se compara contra un valor fijo (de referencia) al cual se produce dicho cambio.

Al dispositivo opto-reflectivo se lo opera a una frecuencia aproximada de 1Khz, generada por un Timer C.I. LM 555. De esta forma se evitan posibles señales no deseadas como por ejemplo ruidos producidos por la señal de red (50Hz). El fototransistor se opera con un "filtro pasa alto" de aproximadamente 600Hz para que lleguen solo señales deseadas. Estas señales se rectifican, pues se necesita un valor continuo con la variación o no de la reflexión entre el diodo y el transistor. Una vez que se obtiene el valor rectificado de reflexión, se amplifica esta señal por ser insuficiente para su comparación. La comparación, es realizada a través de un operacional, teniendo salidas altas y bajas de acuerdo a la fuente de alimentación del operacional (-5V a 12V). En este caso también se utiliza el LM1403 para obtener el valor con el cual se comparará la salida de tensión detectada por el empañamiento del espejo. El valor de referencia se puede variar con un potenciómetro, es decir que éste potenciómetro es el encargado de la calibración del valor de Temperatura de Rocío.

Al ser éste un parámetro que varía en forma muy lenta (en relación a la rapidez de los sensores de temperatura), se usa como elemento sensor una resistencia de platino. El método de traducción y lectura es el mismo que el utilizado para la medición de la temperatura de la punta de referencia (masa térmica). Esto es debido a que el rango de medición dispuesto para ambos casos es el mismo (de 0°C a 50°C) con la placa configurada para un uso bipolar de ± 10 V. El valor conseguido por esta lectura, ingresa a la placa de toma de datos a través de otro canal analógico, es decir por la entrada ADC.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

La humedad se determina utilizando sencillas fórmulas matemáticas¹, para los cuales es de fundamental importancia la medición de los parámetros anteriores. Este cálculo se realiza a través de la PC con "lenguaje C++". Las ecuaciones utilizadas para el cálculo son las siguientes:

Presión de Saturación del vapor de agua (P_{ws}): para un rango de temperatura entre 0 y 200°C está dado por :

$$\ln(P_{ws}) = C_8/T + C_9 + C_{10} \cdot T + C_{11} \cdot T^2 + C_{12} \cdot T^3 + C_{13} \cdot \ln(T) \quad (1)$$

Relación de Humedad: $W = 0.62198 \cdot P_w / (P - P_w)$ (2); $P_w = P_{ws}(T_r)$ es la presión de aire húmedo T_r [°K]

Relación de Humedad de Saturación: $W_s = 0.62198 \cdot P_{ws} / (P - P_{ws})$ (3)

Grado de Saturación : $u = W / W_s \big|_{T,P=C_{te}}$

Humedad Relativa: $\phi = u / [1 - (1-u) P_{ws} / P]$ (5), ϕ y u son 0 y 1 para aire seco húmedo respectivamente.

Debemos mencionar que estas ecuaciones para el cálculo de las propiedades del aire húmedo, son consecuencia de considerar el uso de las Relaciones de los "Gases Perfectos o Ideales".

CALIBRACIÓN, ERRORES Y CONCLUSIONES

La placa de adquisición de datos es configurada desde la PC en lenguaje C especialmente para esta aplicación, es decir que se configuran los canales analógicos de entrada con la ganancia deseada, canal analógico de salida (control) y entrada digital

¹ Las ecuaciones para la determinación de los parámetros necesarios para el cálculo de la humedad, fueron extraídas del manual "Ashrae"[4].

(control). Los valores de tensión obtenidos para distintas temperaturas, determinarán la calibración del sistema formado por sensor y traductor. Los valores de temperatura se obtienen a partir de calibradores, uno de ellos **Refrigerante**, los cuales tienen un error menor a 0.1°C. Para temperaturas por arriba del ambiente se usa un **“Calibrador Calentador”**. De la misma forma, se calibran las resistencias de platino que determinan la temperatura del medio ambiente y la temperatura de la masa térmica (referencia). Una vez realizadas estas tareas, se determina el error efectuado en la medición. Esto se lleva a cabo mediante la elaboración de la mejor curva, que se obtiene a partir de una **“Regresión matemática”** con el utilitario **“Qpro for Windows”**. A partir de ésta regresión se obtiene el **“σ”** (error cuadrático medio) y a partir de éste y del número de mediciones se calcula el error de la medición o la cota para éste parámetro. La ecuación es $\text{error} = \sigma / N^2$.

Para la calibración del instrumento, se utilizan distintos tipos de soluciones salinas, para las cuales están calculadas las respectivas humedades a una determinada temperatura. Para ello se adaptan los dispositivos sensores de temperatura de rocío y temperatura ambiente en un recipiente en el que también se pondrán las distintas soluciones (saturadas) que se detallarán más adelante. Debido a que éste recipiente debe permanecer a una temperatura determinada, es que se utiliza un recipiente conductor de temperatura, de manera tal que al sumergirlo en el **“calibrador enfriador”** (agua) y manteniendo la temperatura del mismo, se logre en el interior del recipiente una temperatura constante y de un valor determinado. Además hay que tener en cuenta que una vez introducido en el recipiente todo lo antes mencionado (sensor de temperatura de rocío, temperatura ambiente, y solución salina saturada), para comenzar con el proceso de medición se debe esperar un tiempo considerable (aproximadamente 12 horas) para que en su interior se cree un ambiente totalmente homogéneo de humedad.

Como se vio, la temperatura de rocío es calculada a partir de la suma de la temperatura de la punta de medición de la termocupla y la temperatura de la masa térmica. Los errores aquí mencionados, son los calculados de acuerdo a la regresión matemática realizada anteriormente. Por lo tanto el error será: $Tr = T_{pm} + T_{rpt}$, $\Delta Tr^1 = \Delta T_{pm} + \Delta T_{rpt} \approx 0.4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura Ambiente: el único error que se manifiesta es el ocasionado por la **Rpt100** $\Delta Ta = \Delta Trpt \approx 0.3 \text{ } ^\circ\text{C}$

Ahora lo que se debe buscar es cuánto afectan estos errores la determinación de la **Humedad relativa**, y esto se logra haciendo la diferencial total de $\phi(T, Tr)$ (ecuación 5). El valor del error será: $\Delta \phi = 0.009$, que corresponde a la cota para la humedad, y el error absoluto es: $\Delta \phi / \phi = 0.017$, Para esas variaciones de T_a y T_r .

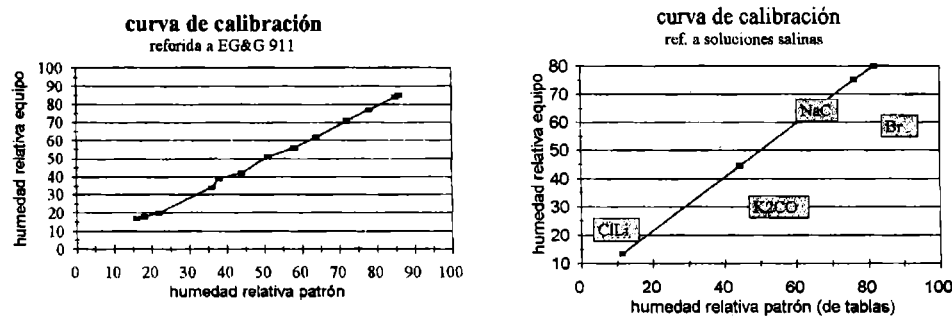


fig. 4: curvas de calibración y contraste

La aplicación fundamental del instrumento, será como calibrador de sensores de humedad, realizando mediciones para distintas clases de ambientes creados para usos determinados. De la figura 4, se observa que el dispositivo funciona adecuadamente considerando que la gráfica solo representa un día de medidas. Se observa un ligero aplastamiento de curva en los extremos, que habrá que subsanar. El instrumento patrón usado como calibrador también es del tipo **“sensor de punto de rocío”**. El costo del equipo sin la placa adquisidora, ni la computadora ronda en los ochocientos pesos.

REFERENCIAS

- Threlkeld, James L. (1984). *Ingeniería del Ambiente Térmico*. Traducción y Adaptación por Ing. José E. Ruge Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Editorial Prentice/Hall Internacional.
- Norton, Harry N. (1992). *Sensores y Analizadores*. Colección Elec./Informática. Versión Castellana por José A. Rubio Sola y Isidro Roselló Martos, Profesores de la E.T.S.I.I.B. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Apuntes de Cátedra Facultad de Ingeniería U.B.A. (1.969). *“Aire Húmedo”*. Centro de Estudiantes de Ingeniería.
- Ashrae Handbook. 1.989 Fundamentals.

¹ ΔTr : cota para el valor de la temperatura del punto de Rocío .

PROPUESTA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN PARQUES EOLICOS

Maffrand, C.; Zárate, D.; Fernández, A.; Cejas A.; Aguirre, J.; Dixon, J.[*]; García, G.
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA) - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta 36 - Km 601 (5800) Río Cuarto - Cba. Tel.: +54-58-676255 Fax. : +54-58-676246
E - Mail: cmaffrand@ing.unrc.edu.ar
[*] Pontificia Universidad Católica de Chile – Vicuña Mackenna 4860 Santiago Chile

RESUMEN

En el presente trabajo, se propone un sistema para la corrección dinámica del factor de potencia de parques eólicos. El concepto propuesto consiste en la utilización de un capacitor variable por pasos binarios, el cual es conmutado sobre la red a través de llaves semiconductoras. Las llaves son controladas para conectar y desconectar las diferentes ramas del banco de capacitores sobre la red, en el momento del cruce por cero de la tensión en los bornes de la llave. El sistema propuesto tiene aplicaciones, tanto en sistemas con variaciones suaves de demanda de potencia reactiva, como tensión en casos de variaciones bruscas de la potencia reactiva debido a conexión y desconexión de los generadores eólicos integrantes de un parque.

INTRODUCCION

La conexión de sistemas eólicos a la red de distribución fue, en un principio, vista con poco entusiasmo por parte de los proveedores de energía, a partir de consideraciones de seguridad y calidad de servicio. Esta realidad ha cambiado a tal punto que, actualmente se han acumulado más de 8.000 millones de horas de operación de generadores eólicos aportando energía a los sistemas de distribución. Esto representa la generación de más de 15 GW/h sin provocar inconvenientes en el servicio (Gipe, 1993). A pesar de esto, aun subsisten algunas cuestiones a ser estudiadas y mejoradas, tales como: confiabilidad, robustez, existencia de "flicker", introducción de armónicos en el sistema, bajo *Factor de Potencia (FP)* en caso de utilizarse generadores de inducción, etc.

Por otro lado, es conocido que cuando se alcanzan los límites térmicos en un sistema eléctrico, es decir, se alcanza la máxima capacidad de corriente en cables, líneas y equipamientos en general, se hace imprescindible tomar acciones correctivas; estas pueden ser:

- Reemplazar los conductores y transformadores, por otros de mayor capacidad.
- Instalar nuevos circuitos y redes.
- Optimizar el factor de potencia.

De estas tres soluciones, mejorar el factor de potencia a través de capacitores es usualmente la más económica, y además aporta otras mejoras en el sistema, descriptas, sucintamente a continuación.

Disminución en la corriente: Esto permite que cargas adicionales puedan ser alimentadas. El tamaño de los capacitores a ser insertados en la línea debe ser cuidadosamente seleccionado, ya que, una corrección excesiva sería contra productiva.

Reducción de las pérdidas: Las pérdidas en un sistema usualmente varían entre un 3% a un 8% de la carga en kw/h, por ejemplo, una reducción del 50% en las pérdidas, generara una reducción del 1% al 4% en los kw/h facturados. Lo cual en grandes sistemas, significa un gran ahorro.

Reducción en la caída de tensión: Como ya fue citado, la instalación de capacitores para corregir el FP, hace que se reduzca la corriente total manejada por la instalación. Esto hace que la tensión en el sistema aumente.

Reducción de la demanda de energía reactiva: El mejoramiento del factor de potencia permite disminuir la demanda de energía reactiva, evitando que esta sea suministrada por la empresa generadora.

En el presente trabajo, se presenta una nueva propuesta de sistema para corrección de FP en sistemas eólicos. Las ventajas de esta propuesta radican en:

- la buena respuesta dinámica en la corrección del FP (se estima un retardo máximo de un ciclo),
- la operación sin generación de perturbaciones (transitorios y armónicos) durante la conexión y desconexión del banco de capacitores.
- la posibilidad de extender este método para corrección de deslabones de cargas.

Este trabajo esta organizado de la siguiente manera: se explican los fundamentos de la presente propuesta, su principio de funcionamiento y descripción, incluyéndose resultados preliminares correspondientes a una simulación del sistema propuesto.

Nota Técnica

PROPUESTA PARA LA CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

El método propuesto en este trabajo para corregir el FP en sistemas eólicos, consiste en la utilización de un banco de capacitores, variable por pasos binarios, el cual es conectado sobre la red en el cruce por cero de la tensión en los bornes de la llave y cruce por cero de la corriente en la red. Esto requiere un sistema de medición y control (precarga) para garantizar la tensión nula sobre la llave de conmutación.

El algoritmo que permite determinar el valor de la capacidad requerida debe ser ejecutado cada medio ciclo, de forma tal que se disponga de otro medio ciclo para que la corrección tenga efecto. Esta es la causa del retardo máximo para efectuar la corrección, mencionado anteriormente.

La estrategia descrita es adecuada, dada su velocidad de respuesta, no solo en los casos de sistemas donde la variación de la demanda instantánea de potencia reactiva varía suavemente, sino también en los casos de fluctuaciones de potencia reactiva aplicadas en forma de grandes escalones (conexión y desconexión de generadores integrantes del parque eólico).

DESCRIPCION

A fin de poder describir el sistema propuesto, dividiremos al mismo en dos partes: el *Interruptor Electrónico de Potencia* indicado como Compensador de Energía Reactiva en la Figura 1 y la *Topología de Control*, indicada en el bloque "Controlador" de la misma figura.

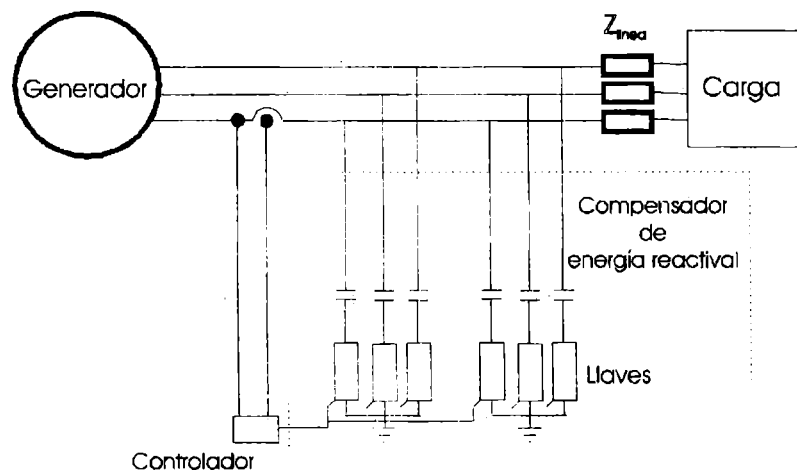


Figura 1: Esquema general del sistema propuesto

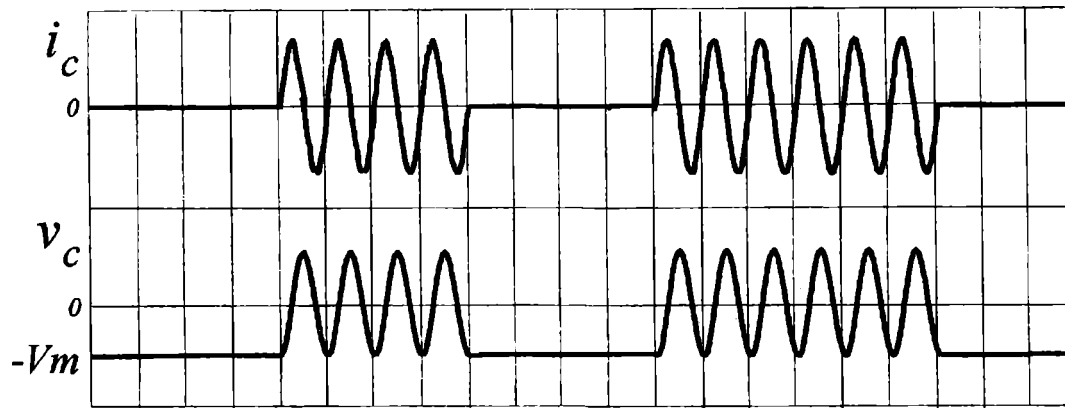
Interruptor electrónico de potencia

Tal como puede verse en la Figura 1, el banco de capacitores se implementa a partir de n conjuntos trifásicos *capacitor - llave*, los cuales son conmutados sobre la línea de acuerdo a lo determinado por el controlador.

Para la conmutación de los capacitores del banco, se propone el diseño de un conjunto de llaves electrónicas, adecuadamente controladas, lo que permite efectuar la conexión en el cruce por cero de la diferencia de tensión entre la línea y cada capacitor.

Dado que este dispositivo debe dispararse en el cruce por cero, el controlador debe ser capaz de medir la tensión real instantánea sobre el capacitor, compararla con la tensión entre fases y, cuando se detecte un cambio de signo en la salida del elemento de comparación de estas dos tensiones, emitir la señal de comando para la conexión.

En el esquema de la Figura 2 se muestran formas de onda de corriente y tensión en una rama del circuito de la Figura 1, obtenida a través de simulación.



.Figura 2: Formas de onda de corriente y tensión en conmutación de una rama del dispositivo

Topología de control

El algoritmo de control debe trabajar en “tiempo real”, esto significa que el algoritmo de control corrige el FP en un tiempo menor al de muestreo del sistema (en este caso es de medio ciclo). En cada una de los instantes de muestreo del controlador tiene lugar la adquisición, a partir de la cual se calcula la potencia real como el promedio del producto de la tensión instantánea por la corriente instantánea.

Así, tal lo ya dicho, el tiempo de actuación para efectuar la corrección, se estima en medio ciclo para la medición y cálculo, y medio ciclo para llevar a cabo la corrección.

Para la selección de los capacitores, y a fin de lograr una adecuada progresión del valor total a insertar, se optó por una distribución de la potencia reactiva en peso binario con lo que se obtiene un error de corrección de $1/(2n)$, donde n es el número de conjuntos capacitor - llave por fase, por ej. en un controlador con 8 bits de salida, nos daría un error del 0,4% de la potencia total de corrección requerida.

Con relación al software de control, se propone una estrategia de tipo adaptivo, donde se realimenta la señal de corriente de salida hacia la carga, para poder calcular en tiempo real y en forma efectiva la potencia reactiva capacitiva que se inserta en cada paso de corrección. La medición de corriente se realiza sincronizando en el cruce por cero de la misma y calculando el valor eficaz a partir del muestreo que se realiza del ciclo.

El ángulo se mide contando el tiempo que transcurre a partir del cruce por cero de la tensión respecto al cruce por cero de la corriente en la fase homónima.

CONCLUSIONES

En este trabajo ha sido presentada una nueva topología para la corrección del factor de potencia, usando llaves electrónicas unidireccionales.

Este sistema trabaja con pesos binarios a través de la conmutación de capacitores, sin distorsión ni transitorios de corriente durante la conexión.

Las principales características de esta propuesta son:

- No genera armónicos.
- Presenta una topología simple en comparación con otros compensadores estáticos
- Puede compensar PF ciclo a ciclo.
- No requiere llaves con conmutación forzada.
- Permite evitar problemas de resonancia, evitando los valores de capacidad peligrosos.

La simulación muestra que las características enumeradas anteriormente hace posible la implementación de dicho compensador

Los cuidados a tener en cuenta para una correcta operación son:

- Realizar una correcta precarga del capacitor.
- Escoger correctamente el instante de conexión de las llaves.

Nota Técnica

BIBLIOGRAFIA

- Best, R. A. & Zelaya - De La Parra, H. (1996) Transient Response of a Static VAR shunt Compensator. *IEEE Transactions on Power Electronics* Vol. II, N° 3.
- Bowyer, J. M. (1995) Three-Part Harmony: system interactions leading to a divergent...*IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 31, N° 6.
- Evan J. Currence et al. (1995) Harmonic resonance at a medium-sized industrial plant. *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 31, N° 4.
- Gipe, P. (1993) *Wind Power for Home & Bussines: renewable energy for the 1990s and beyond*. Chelsea Green Publishing Co.
- Mohan, N; Undeland, T. & Robbins, W. (1989) *Power Electronics: converters, applications and design*. John Wiley & sons
- Motorola Inc (1993) *Power applications manual DL410/D*.
- Motorola Inc (1991) *Motorola thyristor device data DL137*.
- Naik, R. & Mohan, N. (1995) A Novel Grid Interface for Photovoltaic, wind-electric and fuel-cell systems with a controllable power factor of operation. *Proceedings APEC '95*, Vol. 2, pp. 995-998.
- Nicholas Abi-Samra (1996) *Benefits of Power Factor Correction Capacitor*. Web de Westinghouse Electric Corporation
- Nicholas Abi-Samra (1996) *Concerns of Power Factor Capacitor Applications*. Web de Westinghouse Electric Corporation
- Rashid, M. H. (1995) *Electrónica de Potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones*. - 2° Edición. Prentice Hall Hispanoamericana.
- Rashid, M. H. (1990) *SPICE for circuits and electronics using Pspice*. Prentice Hall.
- Smith, L. M. (1995) A practical approach in substation capacitor ...*IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 31, N° 4.

USO DE GENERADORES ASÍNCRONOS EN MICRO CENTRALES

Roberto Leidhold y Guillermo García

Grupo de Electrónica Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nac. #36 Km. 601 - 5800 - Río Cuarto - Argentina - Tel.: +54-58-676255; Fax: +54-58-676246
E-mails: rleidhold@ing.unrc.edu.ar - ggarcia@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: La *Máquina Asíncrona (MA)* es la más económica y robusta de las máquinas eléctricas rotativas convencionales. Estas características la hacen atractiva para ser usada en micro centrales eléctricas de bajo costo, eólicas e hidráulicas. A pesar de que esta máquina es muy usada como motor, su uso como generador autónomo no se ha popularizado debido a que resulta complicado realizar su excitación y control de tensión. Actualmente, el avance tecnológico en la electrónica de potencia y la microelectrónica ha permitido el desarrollo de una gran variedad de sistemas de excitación para MAs. En éste trabajo se presenta una clasificación y una descripción sucinta, incluyendo las principales características, de los sistemas más comunes para la excitación MAs.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado el interés en el desarrollo y uso de diferentes fuentes de energía renovables, entre ellas las relacionadas con micro centrales eólicas e hidráulicas. Los sistemas de energía no convencionales generalmente operan en regiones remotas, lo que hace muy importante contar con sistemas robustos, de bajo costo y que requieran un mínimo de mantenimiento.

Tradicionalmente, en micro centrales eléctricas se han utilizado generadores de corriente continua o síncronos. Estos generadores, además de su mayor costo debido a razones constructivas (conmutadores, rotores bobinados, etc.), requieren de contactos eléctricos móviles, lo que obliga hacer trabajos de mantenimiento periódico, con lo que, finalmente, se incrementa el costo de la energía producida. Para minimizar el mantenimiento se han utilizado *Generadores con Imanes Permanentes (GIP)* y *Generadores Asíncronos (GA)*, también llamados de inducción, los que no requieren de contactos móviles. Si comparamos a estos dos últimos generadores, podemos decir que el GA, del tipo jaula de ardilla, es mucho más barato y robusto que el GIP.

El GA consiste en un sistema formado por una *Máquina Asíncrona (MA)* convencional y un sistema adecuado para excitarla, posibilitando de esta manera la generación. A pesar de que el fenómeno de autoexcitación de la MA es conocido desde hace mucho tiempo (e.g. Bassett y Potter 1935), el uso de esta máquina en lugares aislados (no conectada a redes eléctricas convencionales para su excitación) no se ha popularizado, fundamentalmente, debido a las dificultades para autoexcitar y controlar la tensión en este tipo de máquina. La forma más simple de autoexcitar una MA, para implementar un GA, es a través de la conexión de un banco de capacitores, de valor fijo, en paralelo con la máquina (e.g. Wagner, 1939). Este sistema de excitación es muy simple, barato y robusto pero tiene el inconveniente de la mala regulación de tensión, inclusive pueden ocurrir transitorios de sobretensión, los que pueden dañar cierto tipo de cargas conectadas al GA (Smith *et al.*, 1968).

Debido a lo anterior, para lograr una mejor calidad de la energía eléctrica generada, es que se han propuesto diferentes formas de excitar GAs, tanto trabajando en forma aislada o interconectados a sistemas convencionales de energía eléctrica (cogeneración), las que sirven para regular tanto la frecuencia como la tensión generada.

El objetivo de este trabajo es presentar las diferentes formas de excitación para GAs, tanto para trabajar en forma aislada como interconectados con otros sistemas, incluyendo una propuesta innovadora de los autores (Leidhold, 1997).

CLASIFICACION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

A continuación son presentadas y explicadas, sucintamente, las siguientes clasificaciones de GAs:

- en función de las diferentes posibilidades de interconexión
- en función de las diferentes posibilidades de operación
- en función de las diferentes posibilidades de excitación

A - CLASIFICACION EN FUNCION DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES DE INTERCONEXION

GA Conectado a una Red de Distribución Convencional

En este caso, el GA dispone de una fuente de tensión, teóricamente ideal, desde donde puede extraer energía para su excitación. La tensión y la frecuencia eléctrica consumida por los usuarios son independientes de la potencia que se extrae del GA. Quien, fundamentalmente, controla la "calidad de la energía" es la red a la cual está interconectado el GA. No obstante, el GA puede introducir armónicos, contribuir a la existencia de un factor de potencia indeseable, producir oscilaciones de tensión y hasta inestabilidad en el sistema eléctrico. Estos problemas pueden ser solucionados con el uso de modernas técnicas de control y electrónica de potencia (convertidores estáticos).

Nota Técnica

GA para Operación Autónoma

En este caso, el GA es la única fuente de energía eléctrica disponible en el local. Generalmente se requiere un sistema de almacenamiento y control de energía para, al menos, iniciar la autoexcitación del GA y también para “amortiguar” (almacenando energía) las variaciones de la potencia generada debido a, por ejemplo, la inconstancia del viento.

GA para Co-generación con Máquinas Similares (Parques Eólicos)

En este caso, el GA forma parte de un conjunto de generadores del mismo tipo. Este es el caso de los parques eólicos. Normalmente las diferentes máquinas que componen el parque trabajan en diferentes puntos de operación lo que puede ocasionar interferencias en el desempeño de los restantes GAs. Este problema también puede ser resuelto con el uso de modernas técnicas de control y electrónica de potencia.

B - CLASIFICACION EN FUNCION DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES DE OPERACION

Velocidad de la Turbina Cuasi-constante y Frecuencia Eléctrica Generada Constante

Al ser la frecuencia eléctrica generada constante, se pueden conectar cargas convencionales (e.g. iluminación y motores) directamente al GA. En la mayoría de los casos, esto implica que la velocidad de la turbina tendrá un rango de trabajo muy limitado. Si se trata de turbinas eólicas o hidráulicas, se debe variar el ángulo de los alabes (paso) en función de la velocidad del viento o nivel de agua, según sea el caso, para lograr un rendimiento óptimo del sistema.

Velocidad de la Turbina y Frecuencia Eléctrica Generada Variables

En algunos casos se prefiere operar con velocidad variable, donde, para mantener un buen rendimiento, se debe controlar la velocidad de giro en función de la velocidad del viento o nivel de agua, según sea el caso. El trabajar con velocidad variable, en la mayoría de los casos, implica generar tensión de frecuencia variable, lo cual limita las cargas que se pueden conectar directamente al GA, siendo necesaria la existencia de una “interface” con los usuarios (convertidores estáticos).

Velocidad de la Turbina Variable y Frecuencia Eléctrica Generada Constante

La desventaja que presenta la frecuencia eléctrica variable, en el caso anterior, puede ser solucionado rectificando y volviendo a invertir con frecuencia constante o a través de MAs con rotor bobinado excitadas desde el rotor.

C -- CLASIFICACION EN FUNCION DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES DE EXCITACION DE UN GA

C.1 - Excitación a Través de una Fuente de Tensión Externa

Cuando se dispone de una fuente de tensión alterna a la cual se desea inyectar energía, la excitación la provee dicha fuente de tensión. Este es el caso de las MAs conectadas a las redes convencionales.

Si se opera a frecuencia constante, la MA se conecta directamente a la red (Fig.1) y se controla la potencia generada variando el deslizamiento (diferencia entre la velocidad del rotor y la de sincronismo). Esto se logra ajustando la velocidad de la turbina (y del generador) a través del control del ángulo de los alabes. Si el GA opera con frecuencia variable, la conexión con la red debe realizarse a través de un convertor estático CA/CC/CA (Fig.2) a través del cual se controla la potencia inyectada en el sistema eléctrico.

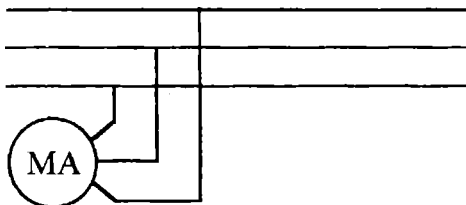


Fig. 1

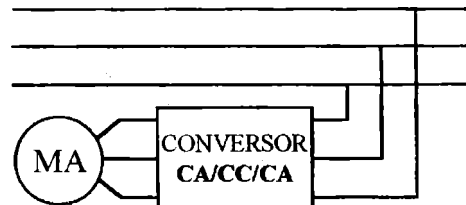


Fig. 2

C.2 - Capacitores en Paralelo

La forma más simple y conocida de excitar un GA cuando no se dispone de una fuente de tensión convencional, para producir la excitación del mismo, es conectando un banco de capacitores en paralelo con la máquina (e.g. Vas 1992; Shridhard *et al.*, 1995) (Fig. 3). En este caso, el punto de trabajo (y la tensión generada) depende de las características de la MA y del banco de capacitores. En la Fig.4 se observa que para obtener la tensión V_{sn} , siendo X_l la curva de magnetización de la MA (curva tensión-corriente en vacío), se debe seleccionar un capacitor de impedancia X_{cn} . Por otra parte se observa que si el capacitor es menor que X_{cmin} no ocurre la autoexcitación de la MA.

Este sistema de excitación provee muy mala regulación de tensión debido tanto a las variaciones de la carga como a las variaciones de la velocidad del rotor (Shridhard *et al.*, 1995). Por otro lado, para que se produzca la autoexcitación del GA debe existir una tensión inicial en el banco de capacitores o un magnetismo remanente en el hierro de la máquina. En la práctica, la existencia o no del magnetismo remanente depende de las condiciones de parada de la máquina. En el caso que la máquina se desexcite por un aumento excesivo de la carga o por una disminución de la velocidad, se produce su total desmagnetización lo que impide que ésta vuelva a autoexcitarse. En este último caso, para volver a excitar la máquina se debe crear un flujo magnético inyectando una corriente en las bobinas del estator o en el banco de capacitores.

En este caso, la frecuencia generada es función de la velocidad de giro del rotor y del deslizamiento, el cual a su vez depende de la carga. Es por esto que, para mantener constante la frecuencia, es necesario contar con un lazo de control de velocidad. La regulación de tensión es muy sensible a la carga eléctrica y también a la frecuencia generada.

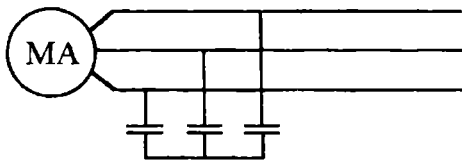


Fig. 3

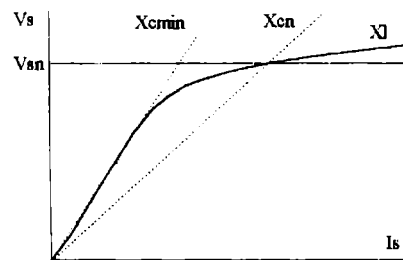


Fig. 4

C.3 - Bancos de Capacitores Paralelo-Serie: (e.g. Bim *et al.*, 1989; Shridhard *et al.*, 1995).

Para mejorar la regulación de tensión, puede incluirse un banco de capacitores en serie con la carga (Fig. 5). Esto produce alguna mejora en la regulación de tensión para diferentes cargas y velocidades del rotor (frecuencia generada). Persisten en este caso las dificultades para lograr la autoexcitación.

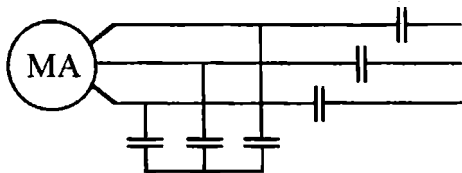


Fig. 5

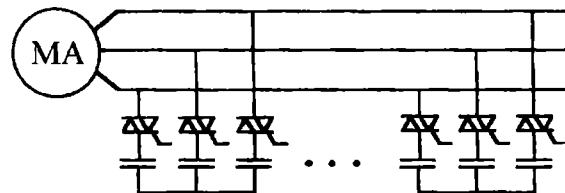


Fig. 6

C.4 - Bancos de Capacitores en Paralelo Conmutado (e.g. Mujadi *et al.*, 1993).

Este es otro método propuesto para mejorar la regulación de tensión, requiere de un control activo para conmuta un banco de capacitores (Fig. 6). Esto es equivalente a un capacitor variable por pasos en paralelo con la MA.

C.5 - Generadores Estáticos de Potencia Reactiva ("Static VAR Generators"):

Aparte de capacitores, se puede obtener potencia reactiva para la excitación de la MA usando diversas técnicas comunes en la corrección de factor de potencia, como ser: con inductores controlados con tiristores en paralelo con capacitores como se muestra en Fig. 7 (e.g. Brene y Abbondani, 1977); o reactores saturables en paralelo con capacitores (Fig. 8) (e.g. Murthy y Bhim, 1996; Casel y Knitterscheidt, 1981); o con inversores (Fig. 9) (e.g. Gyugyi, 1979; Elder y Boys, 1984; Arrilaga y Watsen, 1978).

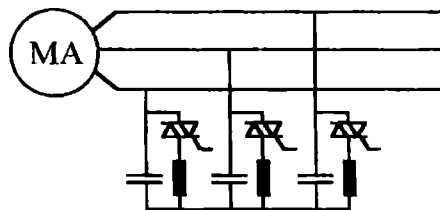


Fig. 7

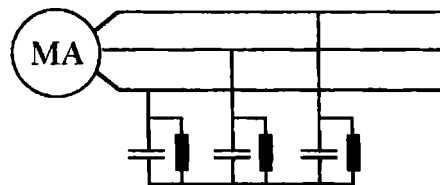


Fig. 8

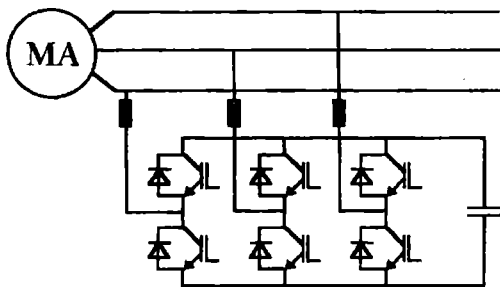


Fig. 9

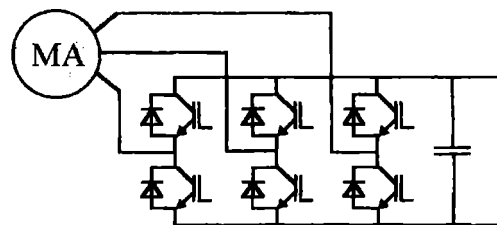


Fig. 10

C.6 - Capacitor Activo

Usando la teoría de la "Potencia Real e Imaginaria Instantánea" (Akagi *et al.*, 1984; Watanabe *et al.* 1992), se puede emular por medio de un inversor, el comportamiento de un "Capacitor Variable". Esto posibilita variar en forma continua e instantánea el valor de la capacidad de excitación. La topología más común es como la mostrada en la Fig.9. Se diferencia de los Generadores estáticos de potencia reactiva por el algoritmo que controla las llaves electrónicas del inversor y, fundamentalmente, por usar un solo capacitor, de valor mucho menor (menor costo) en el bus de corriente continua.

Nota Técnica

C.7 - Controladores vectoriales (Leidhold *et al.*, 1997).

Basado en la experiencia obtenida a través de la teoría de control vectorial para motores de inducción (e.g. Leonhard, 1996; García *et al.*, 1994), se ha propuesto una nueva metodología para el control de GAs. El control vectorial consiste en la obtención de dos variables de control en función de los valores instantáneos de las corrientes del estator y del flujo magnético estimado. Estas dos variables permiten controlar independientemente el flujo magnético y las corrientes rotóricas, por lo tanto el par motor o potencia activa generada.

Esta propuesta permite generar energía CC con velocidad del rotor y carga eléctrica variables. La implementación se logra con un inversor como el mostrado en la Fig.9. La tensión CC presenta muy buena regulación ante variaciones de carga y de velocidad. Es posible, a partir de la energía CC, obtener energía CA a través de un inversor.

CONCLUSIONES

Se han propuesto en la bibliografía diferentes métodos de excitación para MAs. Estos métodos pueden clasificarse en las siguientes dos grandes ramas:

Pasivos: son aquellos que no requieren sistema de control ni electrónica de potencia. (C.1 de velocidad constante, C.2 y C.3). Son baratos y robustos, pero salvo los sistemas de velocidad constante conectados a la red, la tensión es muy sensible a las variaciones de velocidad y carga eléctrica. Se desexcitan con velocidades bajas o cargas eléctricas que superan cierto valor. Presentan dificultades para el arranque. Los sistemas conectados a la red son muy simples y robustos, son los más usados en parques eólicos, presentan el problema de aumentar el consumo de potencia reactiva del sistema.

Activos: son los que requieren algún sistema de control y electrónica de potencia. (C.1 de velocidad variable, C.4 a C.7). Presentan mejor regulación de tensión, pueden trabajar con velocidad variable, optimizar el rendimiento, tanto de la turbina como del propio generador, pero exige un elevado costo de electrónica de potencia (conversión CA/CC/CA). Requieren de una fuente de energía local para el arranque.

Debido a la disminución continua de los costos de la electrónica de potencia y de los correspondientes controladores asociados, y a las ventajas que estos sistemas presentan, los autores de este trabajo suponen que serán, en un futuro cercano, los más usados. Los principales problemas a resolver en los sistemas activos son: minimización de costo, robustez, y confiabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo financiero de las siguientes instituciones: CONICOR, Secretaría de Ciencia y Técnica, y Departamento de Electricidad y Electrónica de la Universidad Nacional de Río Cuarto y CONICET.

BIBLIOGRAFIA

- Akagi H., Kanazawa Y. and Nabae A. (1984). *Instantaneous reactive power compensator comprising switching devices without energy storage components*. IEEE Trans. on Ind. Application, Vol. IA-20, no. 3, 1984.
- Basset and Potter (1935). Capacitive Excitation for Induction Generators. *Electrical Engineering*, Vol.54, pp. 540-545.
- Bim E., Szajner J. And Burian Y. (1989). Voltage Compensation of an Induction Generator with Long Shunt Connection. *IEEE Tran. On Energy Conversion*, Vol.4, No.3, pp526-530.
- García G., Luiz J., Stephan R., Watanabe E. (1994). An Efficient Controller for an Adjustable Speed Induction Motor Drive. *IEEE Transaction on Industrial Electronics*. Vol. 41, No. 5. pp 533-539. Oct. 1994.
- Leidhold, R.; Bossio, G.; De Angelo, C.; Forchetti, D.; García, G. (1997). *Control vectorial para generadores de inducción*. Aprobado para la IIV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC). INAUT, Universidad Nacional de San Juan. A llevarse a cabo en San Juan del 17 al 19 de Septiembre de 1997.
- Murty S.S., Singh B.P., Nagamani C. and Satyanarayana K.V.V. (1988). Studies on the use of conventional induction motors as self excited induction generators. *IEEE Trans. On Energy Conversion*, vol 3, no 4, pp 842 - 848.
- Shridhar L., Bhim Singh, Jha C., Singh B. and Murthy S. (1995). Selection of capacitors for the self regulated short shunt self excited Induction Generator. *IEEE Tran. on Energy Conversion*, Vol.10, No. 1, pp10-17, Mar 1995.
- Smith, Y. and Sriharan, F. (1968). Transients in Induction Motors with Terminal Capacitors. *Proceedings IEE*. Vol 115.
- Vas P. (1992) *Electrical Machines and Drives*. Clarendon Press. Oxford.
- Wagner, C. (1939) Self-Excitation of Induction Motors. *AIEE Tran.*, Vol.58, pp 47-51, Feb 1939.
- Watanabe E.H., Stephan R.M. and Aredes M. (1993) New concepts of instantaneous active and reactive powers in electrical systems with generic loads. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 8, No.2, pg. 697-703, July, 1993.

ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA CAPTURA EN DISCO

Aldo A. Marenzana^x y Miguel A. Lara^o
Instituto de Física de Rosario (CONICET - U.N.R.)
27 de Febrero 210 bis
2000 Rosario
Fax:(041) 821772 Tel: (041) 853222/00

RESUMEN

Se describe una reforma a realizar en los equipos de adquisición de datos RELEVAR para poder almacenar los datos recolectados en un disquete de formato IBM en un archivo ASCII. Esto se realiza con una pequeña modificación en el circuito del adquisidor, un cable de conexión al puerto paralelo de una PC AT 80286 o superior y un programa en QuickBasic.

INTRODUCCIÓN

Originalmente los adquirentes realizaban la transferencia de datos a un sistema de cassette de audio (4) este método presentaba numerosos inconvenientes, resultando dificultoso recuperar los datos, dado que se presentaba un gran número de errores al efectuar la lectura por los sistemas provistos por la empresa fabricante.

En los últimos años, al difundirse masivamente y abaratare las computadoras personales (PC) surge la posibilidad de almacenar los datos en las mismas, si bien estos equipos fueron usados por numerosos grupos de investigación entre los años 76 al 88, en la actualidad están considerados fuera de servicio.

Los equipos de adquisición de datos RELEVAR EE101 vienen provistos de una salida de datos adaptada para conectar a una impresora (4), la misma tiene un velocidad de transferencia que no permite a una PC 80286 adquirirlos por puertos de entrada/salida manejados por software de alto nivel. Debido a ello se decidió modificar el circuito del sistema de adquisición para que pueda adecuarse a la velocidad de las computadoras. En la figura 1 se observa la disposición esquemática de los componentes intervinientes

El ingreso de los datos a la PC se realiza por el puerto paralelo que maneja la impresora, aprovechando las líneas bidireccionales que éste posee (1). El programa permite almacenar las mediciones en un disquete y no requiere que la PC disponga de disco rígido, monitor ni teclado.

Otro inconveniente que presentan los equipos mencionados es una frecuente pérdida de control que interrumpe el proceso de medición e impide el gobierno de los mismos por botonera, implicando además, la pérdida de la información por la interrupción de la experiencia.

Esto último se solucionó intercalando en la alimentación de 220V un filtro protector de línea con las características siguientes: protección de tensión de >390 V, tiempo de bloqueo de <5 ns y filtrado de 20 a 50 db de 500 Khz a 40 Mhz, (Figura 1), para evitar los transitorios que producen estos problemas.

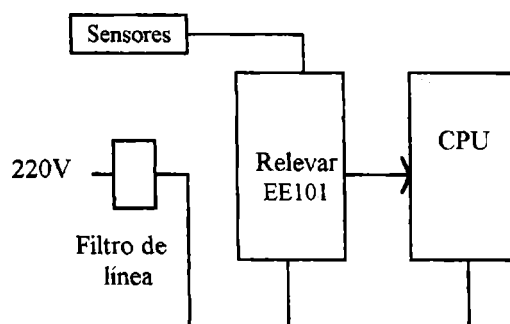


Figura 1: Esquema general de sistema

^x Profesional de apoyo de CONICET.

^o Investigador del CONICET

DESARROLLO EXPERIMENTAL

I.- Modificación al circuito:

En el circuito original del Relevador (4), debe reemplazarse el circuito integrado 74LS373 (Fig.2) por el 74LS374 (3), puede instalarse el mismo en el lugar del anterior debido a la coincidencia de patas de los mismos. La entrada de reloj del componente colocado (pata 11) se obtiene de la inversión de la misma entrada del integrado anterior. Para ello se puede utilizar la compuerta lógica CD4023 (2) (IC15-(4)) que tiene disponibles las patas 3, 4, 5 y 6.

En el circuito debe agregarse el integrado 74LS74 según se muestra en la figura 2, el mismo necesita colocarse en un lugar adicional de la placa, dado que no viene en el equipo un espacio libre para ubicarlo.

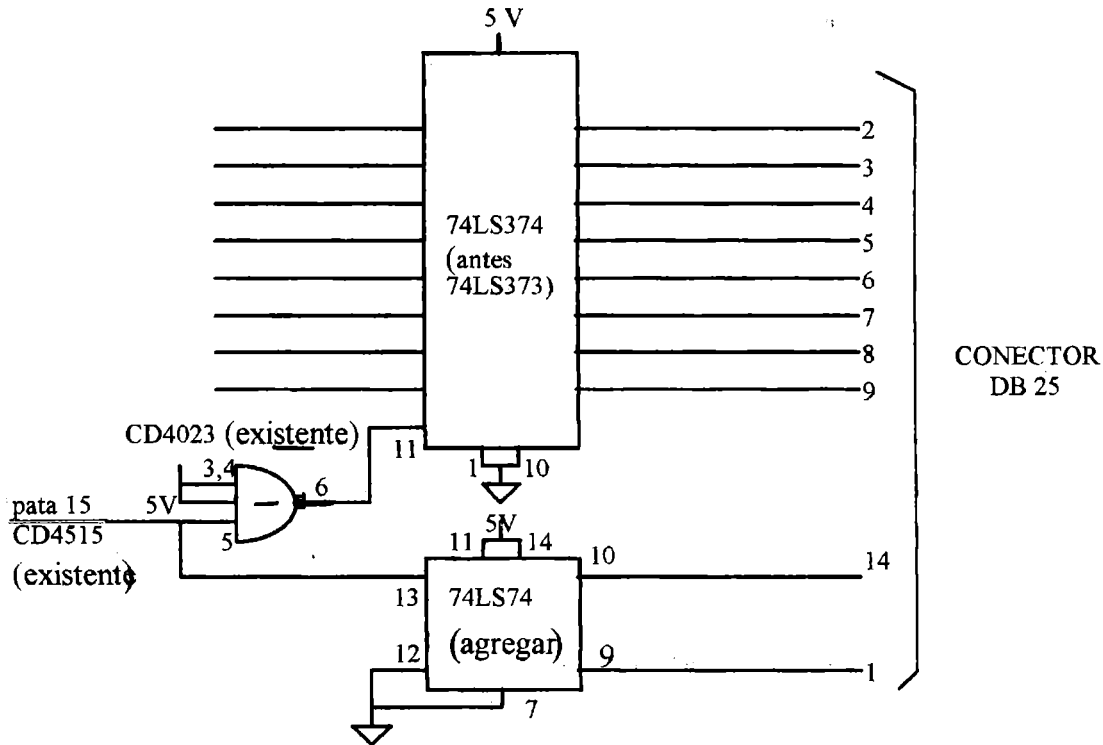


Figura 2: Modificación del circuito electrónico original

Debe tenerse en cuenta que el cassette de grabación de datos debe quedar ubicado en su lugar, porque si el equipo solicita grabar los datos y no lo encuentra, se detendrá y emitirá una señal de error. Otra opción es retirarlo y trabar mecánicamente el sistema de retención.

II.- Cable de conexión:

Se realiza con un cable tipo telefónico de 6 pares, terminados ambos extremos en conectores DB25 macho, haciéndose la conexión según se muestra en la figura 3.

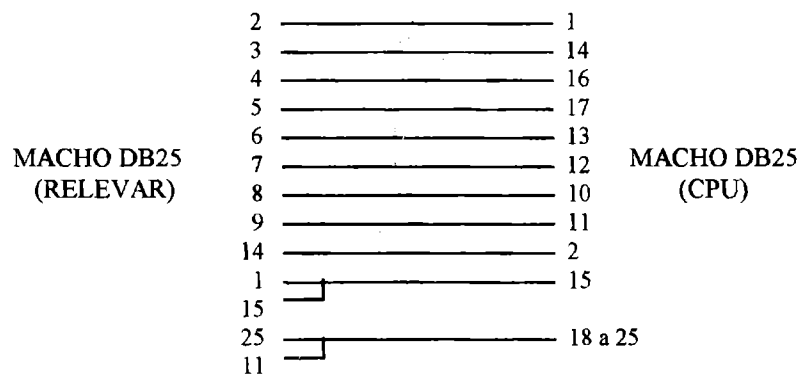


Figura 3: Cable de conexión entre el Relevador y la CPU

PROGRAMA:

Según se mencionó, el programa se realizó en lenguaje QBasic y está orientado a ser utilizado en una computadora que no posea teclado ni monitor, para reducir costos y facilitar traslados. El archivo en el que se guardan los datos tiene nombre fijo (datos.dat) y los tiempos de muestreo de los datos así como los canales habilitados se fijan en la forma habitual en el equipo.

El listado que se muestra en el programa RELEV3, se adaptó para el puerto de la impresora de dirección decimal 888 (hexadecimal 378). Para la utilización del mismo, debe incluirse en un disquete de sistema autoejecutable el programa compilado, además de un archivo autoexec.bat que contenga el nombre del programa. En este disco se abrirá el archivo "datos.dat" en el que se volcarán los datos del adquisidor en formato ASCII.

Finalizado un lote de mediciones este archivo se puede copiar en el sistema de proceso de datos que se disponga y borrar del disco original; si no se elimina el archivo, los datos de un nuevo lote de mediciones se agregarán a continuación de los anteriores.

RELEV3

El programa se realizó en lenguaje Quick Basic. Corre desde DOS y luego de realizar la programación en el Relevar para la toma de datos, se coloca el disco en la CPU para ejecutar el programa y archivar las mediciones en "datos .dat" con una indicación de sonido.

```
DEFINT A-O
DEFLNG P-Z
DIM DATOS(400)
SCREEN 0
OUT 890, 4
OUT 888, 255
INI:
CLS
P = 0
K = 0
DO UNTIL P = 300000
OUT 888, 255
A = INP(889)
C = A AND 8
IF C = 0 THEN
OUT 888, 0
A = A AND 240
A = A XOR 128
B = INP(890)
B = B XOR 11
B = B AND 15
DATOS(K) = A + B
P = 0
K = K + 1
ELSE
P = P + 1
END IF
LOOP
IF INKEY$ = "T" THEN END
IF K = 0 THEN GOTO INI
E = 0
L = 0
N = 0
OUT 888, 0
OPEN "A", #1, "DATOS.DAT" 'Apertura de archivo para guardar mediciones
PRINT #1, CHR$(10);
DO UNTIL N = K
IF DATOS(N) = 13 OR DATOS(N) = 10 THEN
IF L = 0 THEN
PRINT CHR$(10); '(CR)
PRINT #1, CHR$(13);
L = 1
END IF
```

Nota Técnica

```

ELSE
L = 0
IF DATOS(N) = 67 THEN 'detecta la "C" de CANAL para
E = N      'ahorrar lugar
END IF
IF (N <= E OR N >= E + 5) THEN
PRINT CHR$(DATOS(N));
PRINT #1, CHR$(DATOS(N));
ELSE
END IF
END IF
N = N + 1
LOOP
CLOSE #1
BEEP
GOTO INI
END

```

CONCLUSIONES

Las modificaciones expresadas en estos sistemas de adquisición de datos se realizaron en dos equipos de 40 y 60 canales cada uno y ensayados en la toma de mediciones durante dos años consecutivos de experiencias en el Grupo con buenos resultados.

Se solucionaron con la modificación propuesta, los problemas de captura y lectura de datos y los inconvenientes de interrupción por transitorios en el circuito de entrada en el circuito.

REFERENCIAS:

- (1) Electronic Design. October 13 - 1995.
- (2) Circuitos Integrados CMOS -National Semiconductors -1983.
- (3) CMOS Data Book -National Semiconductors -1985.
- (4) Manual Releva - Sistema de Adquisición de datos EE101.

MEDICION DE VARIABLES ESPECTRALES EN ELEMENTOS VIDRIADOS

Vicente Leonardo Volantino, Edgar Jorge Cornejo Siles

División Habitabilidad Higrotérmica, CECON, INTI
Casilla de correo 157 (1650) San Martín Prov. Buenos Aires ARGENTINA
Fax: 753-5784 - Email : INTI@SPI-CIS.COM

RESUMEN

Se presentan las primeras mediciones realizadas de la transmitancia y reflectancia espectral sobre una decena de muestras de vidrio. Para ello, se utilizó un espectrofotómetro de doble haz, con esfera integradora, cuyo rango de medición espectral comprende el ultravioleta, el visible y el infrarrojo cercano (UV - Vis - NIR).

Se da una breve descripción del principio de funcionamiento y de la operación del equipo mencionado, como así también, el procedimiento utilizado en el método de medición.

En las referencias, se enumeran las normas internacionales relacionadas con el tema, que suministran los fundamentos necesarios en las que se basan las mediciones de este trabajo.

INTRODUCCION:

Es por todos conocido el auge que están tomando el uso de las fachadas integrales, ventanas y techos vidriados y las combinaciones que se pueden llevar a cabo entre ellos, donde el objetivo es obtener un alto rendimiento mediante la utilización de distintos tipos de vidrios y las alternativas de sistemas vidriados compuestos. En todos los casos siempre es importante considerar la transparencia del elemento resultante y mejorar la parte de energía incidente que es rechazada para poder minimizar la potencia de acondicionamiento puesta en juego. Es decir tener un Coeficiente de Sombra y un valor de Transmitancia Térmica aceptables para la localidad que se esté considerando.

Para efectuar los cálculos correspondientes, es necesario en primer lugar, medir las variables espectrales (transmitancia y reflectancia) de un cuerpo no opaco [1], con lo cual se hace indispensable contar con un equipo adecuado que realice dichas mediciones. Tal equipo es un espectrofotómetro de doble haz, con esfera integradora, que cubra el rango UV - Vis - NIR (240 - 2600 nm) y construido según Norma ISO 9002.

Luego, se obtienen analíticamente la transmitancia y la reflectancia a la radiación solar, de acuerdo con las expresiones dadas en [2]:

$$\tau_{\lambda} = \sum_{\lambda_i}^{\lambda_f} E_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \tau(\lambda) \quad (1)$$

$$\rho_{\lambda} = \sum_{\lambda_i}^{\lambda_f} E_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \rho(\lambda) \quad (2)$$

donde, E_{λ} es la distribución espectral estándar de la radiación solar directa relativa. El producto $E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ está tabulado en la normativa específica [2], [3]. Por otra parte, λ_i y λ_f , corresponden a los valores de longitud inicial (340 nm) y final (2500 nm.) del espectro.

La absorbancia a la radiación solar se halla según la siguiente relación:

$$\alpha_{\lambda} = 1 - \tau_{\lambda} - \rho_{\lambda} \quad (3)$$

Para obtener la transmitancia y la reflectancia a la radiación visible, se procede en forma análoga a partir de las mediciones de las variables espectrales en el rango pertinente (380 - 760 nm) y aplicando las fórmulas matemáticas descriptas en la normativa [2], [4].

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

Un esquema del sistema óptico del espectrofotómetro [5] se muestra en la figura 1. El monocromador es de doble construcción con 6 retículas (gratings), tres en el primer o premonocromador, y tres en el segundo o monocromador principal. Estos proveen una adecuada energía sobre un amplio rango de longitudes de onda desde 190 hasta 3200 nm., para realizar distintas clases de mediciones.

El haz emitido desde la lámpara (Deuterio o Halógena), es enfocada por un cambio de posición del espejo M1, el que pasa a través del montaje de filtro F y forma una imagen a la entrada de la ranura S1 (Slit), con un ancho y una altura fijadas.

El encendido de la lámpara es totalmente automático, y depende de la longitud de onda de trabajo. La lámpara de Deuterio opera desde 190 nm. hasta el cambio de lámpara y desde esta posición hasta 3200 nm. opera la lámpara de Tungsteno. El cambio de lámpara se puede fijar arbitrariamente entre 282 y 293 nm.

El cambio de la posición del espejo M1, también es totalmente automático, tomando un ángulo de máxima sensibilidad siempre que la llave de encendido esté activada.

La posición del filtro F es intermitentemente insertada por medio de un motor paso a paso.

Nota Técnica

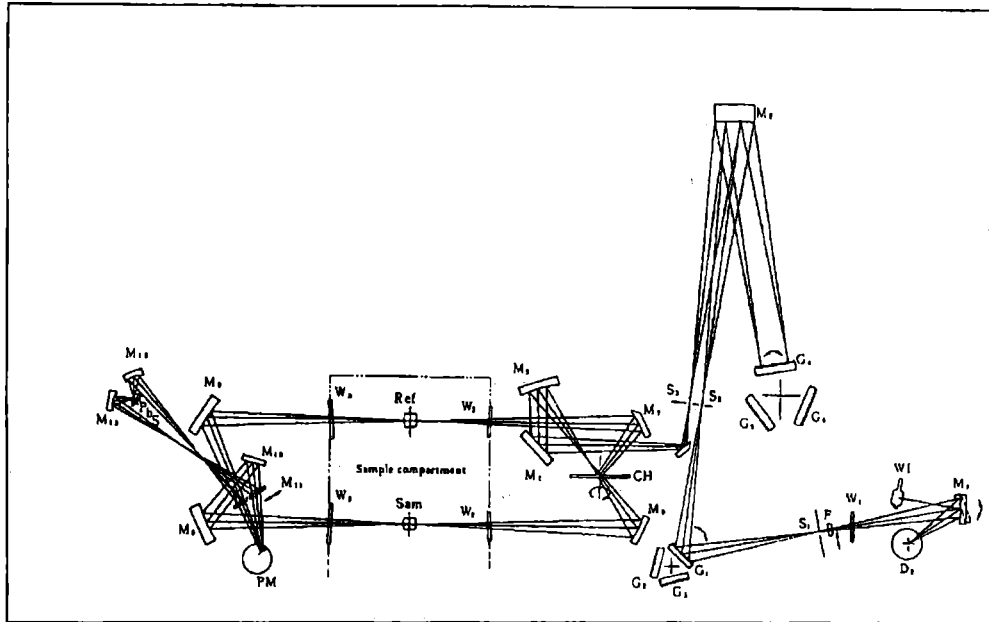


Figura 1. Esquema óptico

El haz incide sobre la retícula del primer monocromador pasa por S2, luego incide sobre un espejo M2, siguiendo su trayectoria hacia el monocromador principal, y regresa hacia el espejo M2 y pasa por otra ranura, estando ; tanto S2 como S3 fijadas en 12 aberturas distintas (desde 0.1 hasta 30nm.).

Posteriormente el haz se refleja sobre otros espejos M3, M4 y M5, para pasar por un espejo muestreador (CH), que alternativamente toma dos caminos diferentes, siendo uno el de la referencia y el otro el de trabajo. Luego, los mismos inciden sobre otros espejos más que orientan los haces hacia las celdas de PbS, ubicadas en la esfera integradora. Los haces que inciden en el fotomultiplicador se transforma en una señal eléctrica que son enviadas a un amplificador, para su procesamiento electrónico.

OPERACION DEL EQUIPO:

Este equipo viene provisto de una computadora. Cuando se enciende el sistema, el mismo tiene una rutina de inicialización, que prueba los distintos componentes integrantes (Parámetros, ROM, RAM, Filtros, Ranuras, Monocromadores, Lámparas, etc.).

Cada uno de ellos, está representado en la pantalla y se indica el estado en que se encuentra: bueno ó malo. Si todo está en correctas condiciones, entonces se puede comenzar con las mediciones de transmitancia , reflectancia la absorbancia se calcula.

Previamente se fijan ciertos parámetros como : Rango de medición, intervalo de medición (en nm.), velocidad de barrido, abertura de la ranura e intervalo de muestreo.

Luego se fijan las longitudes de onda en que se debe cambiar tanto la fuente de iluminación como el detector y se determina la técnica de medición (normal o inversa), que para nuestro caso se utilizó el modo inverso.

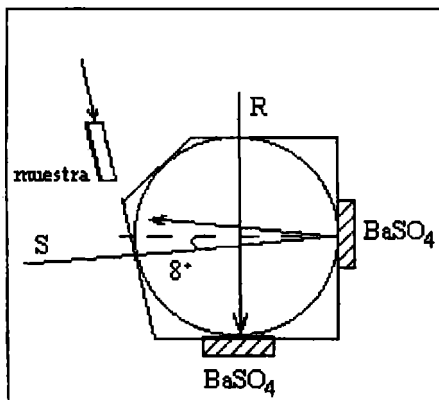


Figura 2. Medición de Transmitancia Espectral

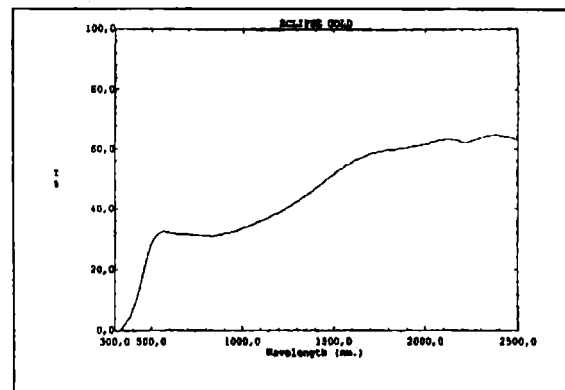


Figura 3 Curva espectral de transmitancia

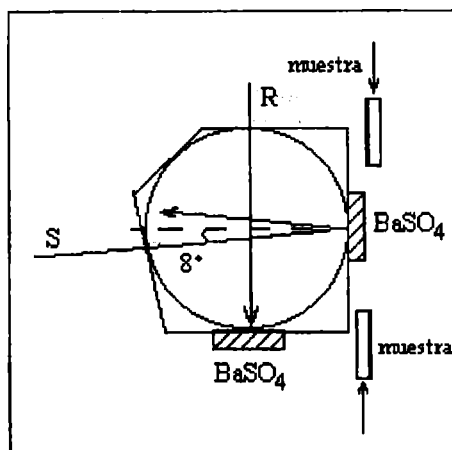


Figura 4 Medición de Reflectancia Espectral

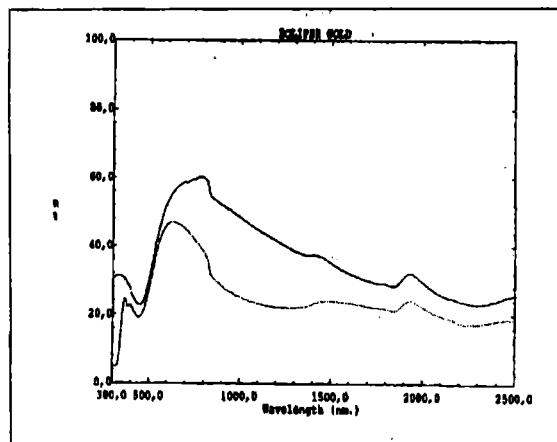


Figura 5 Curva espectral de reflectancia

MEDICIONES

Definido el intervalo de medición, que por ejemplo puede ser el UV (260-400nm.), se procedió a efectuar :

1. - Ajustar las mediciones a un nivel de referencia, mediante una línea de base provisto por el programa de operación, (sin que se encuentre la muestra bajo medición) es decir los dos caminos ópticos libres de obstáculo.
2. - Fijar dichas mediciones al nivel de 100%, con el Autozero existente en el programa.
3. - Se coloca la muestra en el portacelda correspondiente. Ver figura 2.
4. - Se da comienzo al barrido del espectro seleccionado, generándose una curva de Transmitancia espectral.
5. - Se retira la muestra y se la ubica en el portacelda correspondiente, con el objeto de realizar la medición de Reflectancia espectral. En este caso se dispone a la muestra de dos maneras opuestas, para poder determinar las características sobre ambas caras, frontal y posterior (caras 1 y 2 de la muestra respectivamente). Ver figura 4.
6. - Se inicia el barrido correspondiente, para generar las curvas de Reflectancia espectral.

Los valores de longitud de onda fueron medidos con una resolución de 0,1 nm.

Para cualquier otro rango del espectro visible o infrarrojo, el procedimiento que se sigue es el mismo. Se puede visualizar la respuesta de la totalidad del espectro, tanto la Transmitancia (ver figura 3), como la Reflectancia (ver figura 5).

El resultado de las mediciones se pueden observar en la tabla 1, en la misma se enumeran los diferentes tipos de vidrio utilizados con el objeto de presentar las características espectrales de los mismos.

Tabla 1

Coef. Espectral	Zona Espectral	Float Incoloro	Float Bronce	Float Gris	Float Verde	Super grey	Cristazul	Piroplata Azul	Eclipse Bronce	Eclipse Blue Green	Eclipse Gold
τ	UV	0,448	0,152	0,167	0,216	0,022	0,248	0,042	0,044	0,054	0,021
ρ_1	UV	0,058	0,044	0,045	0,048	0,043	0,048	0,105	0,087	0,124	0,152
ρ_2	UV	0,058	0,044	0,045	0,048	0,043	0,048	0,341	0,244	0,290	0,302
τ	VIS	0,855	0,490	0,401	0,672	0,091	0,552	0,196	0,229	0,293	0,268
ρ_1	VIS	0,076	0,051	0,047	0,062	0,042	0,056	0,201	0,167	0,292	0,354
ρ_2	VIS	0,076	0,051	0,047	0,062	0,042	0,056	0,478	0,414	0,431	0,412
τ	NIR	0,717	0,515	0,520	0,342	0,132	0,404	0,347	0,474	0,358	0,504
ρ_1	NIR	0,065	0,054	0,053	0,047	0,044	0,050	0,079	0,081	0,064	0,234
ρ_2	NIR	0,065	0,054	0,053	0,047	0,044	0,050	0,189	0,150	0,147	0,360

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos de las mediciones de las distintas muestras, se compararon con las correspondientes efectuadas en el laboratorio de origen (UK), habiéndose encontrado una dispersión de 5 %.

Con la disponibilidad de este equipo se pueden medir las características espectrales y calcular las correspondientes a la radiación solar, utilizadas para determinar la transmitancia térmica, el factor de sombra, la energía total ingresante, etc., a través de un elemento vidriado.

Nota Técnica

Esta información es importante en la performance de todos aquellos sistemas de energía solar, abarcando desde los sistemas pasivos en edificios hasta los que tienen sistemas de climatización central.

En definitiva, las propiedades a la radiación solar de un elemento vidriado, interesa para definir la energía necesaria de los equipos de climatización a instalar, o simplemente para ajustar las condiciones de confort térmico y lumínico de un ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se quiere dejar expresado el agradecimiento a la firma VASA - SANTA LUCIA CRISTAL, que proveyó los materiales sobre los que se hicieron las mediciones.

REFERENCIAS

[1] ASTM E 903. Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of materials using Integrating Spheres.

[2] JIS R 3106. Testing Method on Transmittance and Reflectance for Daylight and Solar Radiation and Solar Heat Gain Coefficient of Flat Glass (1985).

[3] ASTM E 891. Standard Tables for Terrestrial Direct Normal Solar Irradiance for air mass 1,5.

[4] ASTM E 971. Standard Practice for Calculation of Photometric Transmittance and Reflectance of materials to Solar Radiation (1988).

[5] Shimadzu. Application Note of UV-3101 PC.

DETERMINACION DE LA RELACION CONDUCTIVIDAD TERMICA - DENSIDAD EN HORMIGONES Y MORTEROS. CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE HABITABILIDAD.

Vicente Leonardo Volantino, Jorge N. Rodríguez Velo

División Habitabilidad Higrotérmica, CECON, INTI
Casilla de correo 157 (1650) San Martín Prov. Buenos Aires ARGENTINA
Fax: 753-5784 - Email : INTI@SPI-CIS.COM

RESUMEN

Se presentan valores de conductividad térmica de diferentes tipos de morteros y hormigones, cuyas mediciones fueron realizadas sobre materiales de fabricación nacional. Para cada variante ensayada, se determinó su relación con la densidad.

En este trabajo, se describen todas las etapas del procedimiento empleado, desde la fabricación de los especímenes hasta la ejecución del ensayo para la determinación de la conductividad térmica.

Además, se determinan los espesores mínimos necesarios a aplicar sobre un tabique de hormigón armado estructural, de manera que cumpla con los requisitos normativos de aislación térmica, establecidos para Buenos Aires. Se comparan con los calculados para un tabique de hormigón de arcilla expandida. En ambos casos, se consideraron las densidades extremas de cada material.

Se calculó también la transmitancia térmica y la pérdida anual de energía, de paredes con los diferentes revoques de espesor constante.

INTRODUCCIÓN

Se presentan valores de medición de la conductividad térmica de morteros y hormigones realizados en nuestros laboratorios, en la División Habitabilidad Higrotérmica de INTI, por el método de la placa caliente [1]. Debido a que de muchos de ellos, no se pudieron encontrar antecedentes a nivel mundial, se consideró importante hacer este trabajo utilizando materiales de fabricación nacional, que permite asimismo aportar información a las tablas de la Norma IRAM 11601 [2], ya que la búsqueda realizada permitió evidenciar la insuficiencia de contar sólo con los valores de densidad - conductividad térmica. En algunos casos no se pudo establecer a que tipo de material se referían los valores que se encontraban en las tablas. El inconveniente que se presenta, es que subsisten en la misma tabla hormigones y morteros plásticos homogéneos y hormigones unigranulares (cavernosos o sin finos), que no son plásticos sino secos (asentamiento "0" con el Cono de Abram). Se considera importante que, además de la relación densidad - conductividad térmica, se complemente con una tabla en la que aparezcan otras características físicas y tecnológicas de las mezclas, que configuraría el respaldo necesario de los valores hallados. Esto que se describe, en alguna medida está encarado en las tablas del libro Thermal Conductivity Nonmetallic Solids volume 4 [3].

En este trabajo, se vierten los valores medidos y tabulados para cada variante y se determinó la ley de variación de la conductividad térmica con la densidad, mediante una regresión lineal. De cada variante, se utilizaron los valores extremos de densidad, para calcular los espesores mínimos necesarios a aplicar a un tabique de 0.10 m de hormigón armado con agregados pétreos, con el objeto de cumplir con los requisitos de aislación térmica establecidos en la Norma IRAM 11605 [4]. Por razones de espacio, este cálculo se realiza sólo para Buenos Aires, pero la metodología es válida para cualquier otra localidad.

Luego se reemplazó el tabique por uno de hormigón armado de arcilla expandida, habiéndose comprobado la disminución de aislación térmica. Esto se realizó, para mezclas de menor y de mayor densidad.

Por otra parte, se presentan los resultados de transmitancia térmica y de pérdida de calor anual, correspondientes a paredes constituidas por el mismo tabique de hormigón armado, con revoques a ambos lados de espesor constante, correspondientes a cada variante de material ensayado

MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales sobre los que se han efectuado los ensayos referidos, son los que se describen seguidamente.

- 1.- Hormigón de Arcilla Expandida (HSAE) (Estructural en sus mayores valores y de distintas características a medida que va disminuyendo su densidad, entre ellos están incluidos los unigranulares, también llamados cavernosos o sin finos). Se hizo una tabla única porque carecemos de más datos.
- 2.- Mortero de Perlita Expandida y Cemento, (MPEYC) (Plásticos en sus densidades mayores y de características desconocidas, a medida que disminuye la densidad).
- 3.- Mortero de Perlita Expandida, Cemento y Arena (MPECA) (idem anterior).
- 4.- Hormigón de Copos de Poliestireno Expandido (HCPOLEX) (idem anterior).
- 5.- Hormigón de Granulado Volcánico (HGV) (idem anterior).
- 6.- Hormigón Celular Normal de Arena Sílice (CTCCCEL)
- 7.- Hormigón Celular con Escoria de Alto Horno (HCELCEAH)

PREPARACION DE LOS ESPECIMENES

Para la fabricación de las probetas, se utilizaron moldes de acero inoxidable, de 1 cm. de espesor, dispuestos en forma vertical, de manera de asegurar la planicidad y el paralelismo de las caras principales de aquellas. Las dimensiones de las

Nota Técnica

probetas son 0,60 m. por 0,60 m. por 0,10 m. de espesor. Para cada caso, se construyeron dos probetas idénticas, de modo de adecuarse a las condiciones del método de ensayo. Una vez realizado el moldeado de las probetas, se dejó transcurrir 48 horas antes de desmoldearlas. Luego, fueron colocadas en una cámara de curado ($23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; $\geq 95\% \text{HR}$), durante 28 días. A continuación, se las sometieron al proceso de secado, en estufa a una temperatura controlada de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta que consiguiesen la condición de peso constante (se considera que alcanzan constancia de masa, cuando entre pesadas sucesivas, con un intervalo de 2 horas, la diferencia no sea mayor que el 0,25%). Cumplido este requisito, se dejaron aclimatar las probetas al ambiente del laboratorio, hasta que lograron estabilizarse con el mismo. En esta instancia, se hallaban preparadas para ser ensayadas para la determinación de la conductividad térmica.

MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

El método de medición de la conductividad térmica utilizado, es el denominado "Placa caliente con placa de guarda", que se ajusta a lo estipulado en las normas ISO 8302, ASTM C 177 e IRAM 11559 [1]. Este método permite efectuar ensayos sobre probetas de hormigón, materiales de alta densidad, o sistemas constructivos multicapas que posean cámaras de aire. Con este método, se puede hallar el valor de conductividad térmica, para cualquier temperatura media de la probeta, dentro del rango comprendido entre 0 y 120°C . Normalmente, se lo realiza a una temperatura media de $20/25^{\circ}\text{C}$, para cualquier material de construcción, con el objeto de obtener valores comparativos.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En las Figuras N°1 a N°5, se representan los valores procedentes de las mediciones realizadas para los diferentes materiales y para sus distintas densidades, como así también, la regresión lineal correspondiente. En la Figura N°6, se detalla además la procedencia de otros datos incorporados; mientras que en la Figura N°7, sólo se representan valores extraídos de la tabla de la norma IRAM. En la Tabla N° 1, se detalla para cada variante ensayada, los valores de conductividad térmica obtenidos para las densidades extremas, como resultado de haber aplicado una regresión lineal sobre los puntos de medición.

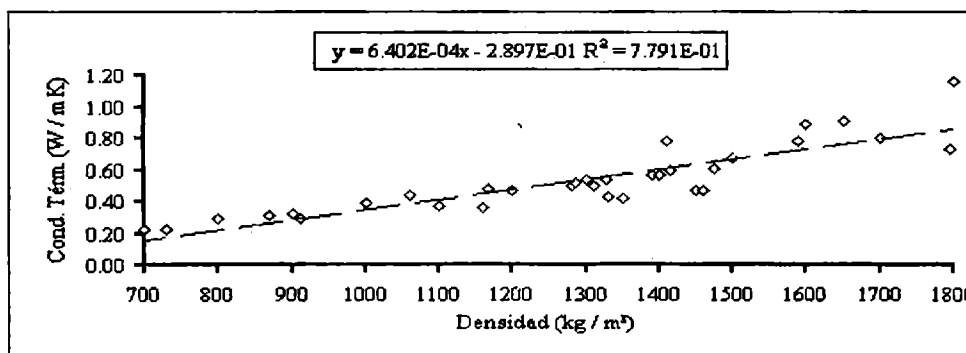


Figura N° 1 Hormigón de arcilla expandida

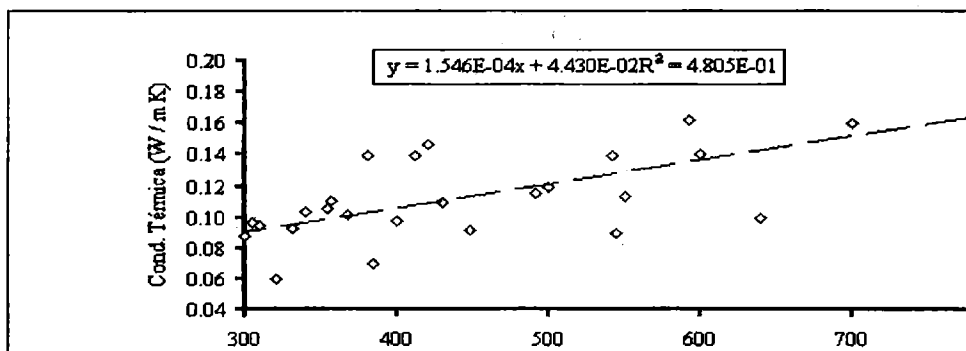


Figura N° 2 Mortero de perlita expandida y cemento

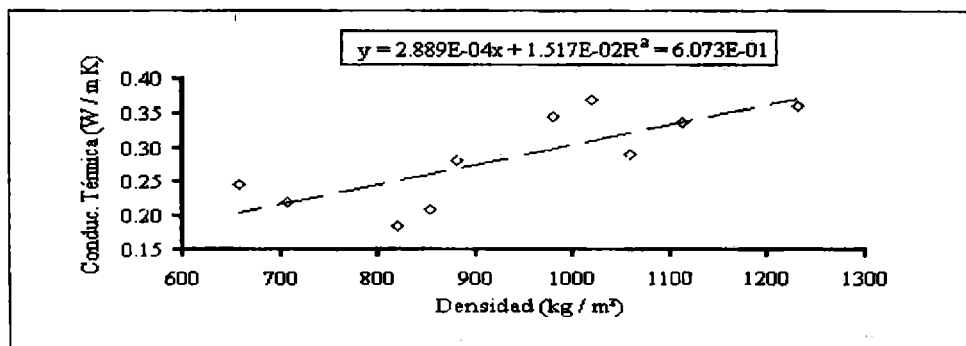


Figura N° 3 Mortero de perlita expandida, cemento y arena

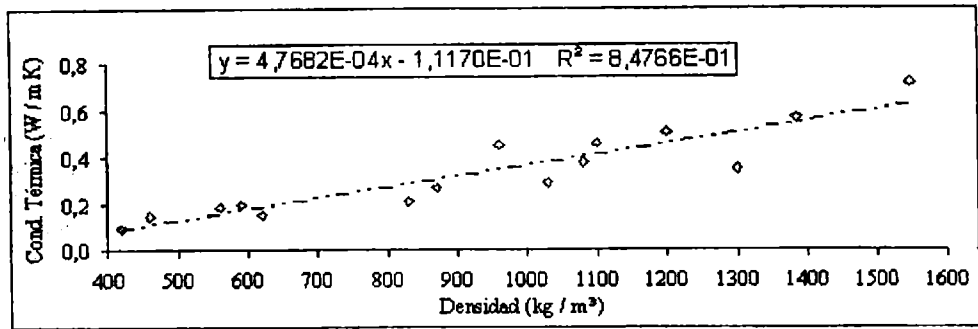


Figura Nº 4 Hormigón de copos de poliestireno expandido, cemento y arena.

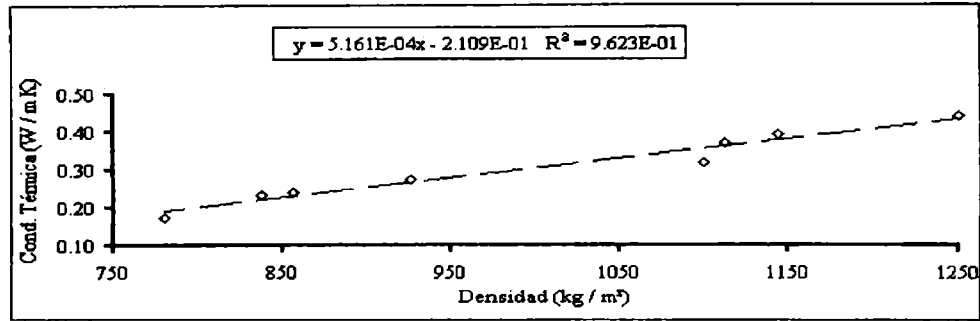


Figura Nº 5 Hormigón de granulado volcánico.

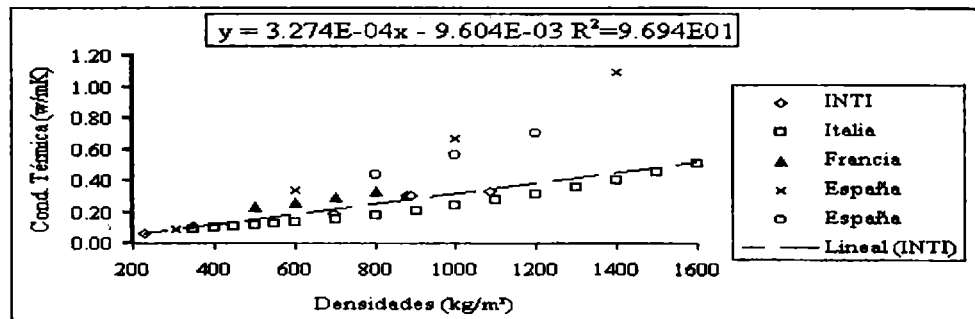


Figura Nº 6 Concreto celular

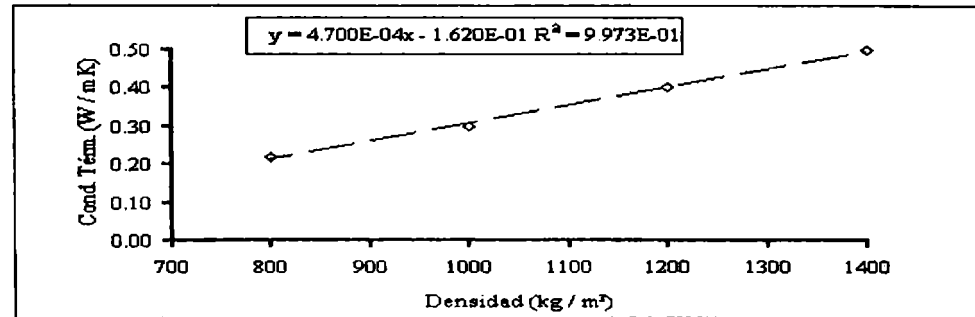


Figura Nº 7 Hormigón celular con escoria de alto horno.

Tabla 1

Nº	Material	Mínimo		Máximo		Figura Nº
		ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	ρ (kg/m³)	λ (W/mK)	
1	HAP	2400	1,63			
2	HSAE	700	0,16	1800	0,86	1
3	MPEYC	300	0,09	810	0,17	2
4	MPECA	658	0,21	1231	0,37	3
5	HCPECA	420	0,09	1547	0,63	4
6	HGV	750	0,18	1250	0,43	5
7	CTCCEL	230	0,07	1600	0,51	6
8	HCELEAH	800	0,21	1400	0,50	7

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Sobre la base de un tabique de 0,10 m. de espesor de hormigón armado, se halló para cada variante, el espesor necesario para cumplir con los requisitos de aislación térmica definidos en la normativa específica (IRAM 11605), para la ciudad de Buenos Aires. De acuerdo con la norma IRAM 11603, la temperatura exterior de diseño para esta localidad es de 3,1 °C. Esto implica un valor de transmitancia térmica máximo admisible de 1,85 W/m²K, correspondiente al nivel mínimo de confort para invierno. En la Tabla N°2, se dan los espesores necesarios de cada material (e_{adm}) que permiten conseguir el requerido valor de transmitancia térmica (K) de la pared. Los espesores se expresan redondeados, considerando que en obra es difícil estimar el milímetro.

Tabla 2

Material	ρ_{min} (kg/m ³)	Espesor mín. necesario		ρ_{max} (kg/m ³)	Espesor mín. necesario	
		HAP (cm)	HAAE (cm)		HAP (cm)	HAAE (cm)
H S A E	700	5,1	4,2	1800	27,2	22,6
M P E Y C	300	2,8	2,4	810	5,4	4,5
M P E C A	658	6,6	5,5	1231	11,7	9,7
H C P E C A	420	2,8	2,3	1547	19,8	16,4
H G V	750	5,7	4,7	1250	13,6	11,3
C T C C E L	230	2,2	1,8	1600	16,1	13,4
H C E L E A H	600	6,6	5,5	1400	15,8	13,1

Tabla 3

Material	ρ_{min} (kg/m ³)	K = 1 / R (W/m ² K)	Q (Mj / m ²)	ρ_{max} (kg/m ³)	K = 1 / R (W/m ² K)	Q (Mj / m ²)
M P E Y C	300	1,28	197,5	810	1,93	297,0
M P E C A	658	2,16	333,0	1231	2,78	428,4
H C P E C A	420	1,27	195,2	1547	3,29	506,2
H G V	750	1,99	306,7	1250	2,94	452,1
C T C C E L	230	1,07	164,1	1600	3,10	477,7
H C E L E A H	600	2,16	333,0	1400	3,08	474,8

Luego se reemplazó el tabique de hormigón armado pétreo por un hormigón armado de arcilla expandida estructural, habiéndose obtenido una disminución en el espesor de los revoques necesarios, del orden del 17%. Otra manera de utilizar los valores resultantes de cada material ensayado, es considerando su empleo a través del agregado de espesor constante (5 cm), a una pared que se halla constituida por el mismo tabique de hormigón armado, con el objeto de hallar su performance térmica. En la Tabla N°3, se detallan los valores correspondientes de K y de la cantidad de energía calórica perdida por año y para una superficie de 1 m² de pared, para cada una de las variantes de revoque mencionadas. Para el cálculo, se utilizaron los datos de temperatura mínima mensual de Buenos Aires, correspondientes al promedio de la década 1981/90 [5], para la temperatura exterior y se adoptó 18°C para el aire interior.

CONCLUSIONES

Se eligieron morteros y hormigones que han sido investigados y cuyas mediciones realizadas en INTI. Existen materiales tales como la vermiculita ó cáscaras de arroz, entre otros, que se utilizan para realizar hormigones, pero de los que no se disponen suficientes mediciones. En el agrupamiento de los hormigones por el tipo de materiales componentes, no se puede inferir la distribución entre mezclas homogéneas, plásticas en estado fresco y discontinuas en estados seco. Es decir, que no se pueden elegir solo por su conductividad térmica, pues pueden llevar a diseños impracticables en el momento de su aplicación. Mientras las mezclas plásticas se pueden aplicar como revoque, las secas se pueden utilizar en el proceso de fabricación de tabiques premoldeados, como fondo de molde y para terminación superficial, ya que resulta algo rugosa y porosa. En los ejemplos de aplicación, se puede apreciar la gran disparidad de resultados entre los distintos materiales, cuando se halla el espesor necesario a agregar al tabique, para alcanzar la condición requerida.

REFERENCIAS

- [1] ASTM C177, ISO 8302. Thermal insulation. Determination of steady-state and thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus./ IRAM 11559 (1994) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Método de determinación de la conductividad térmica de los materiales de construcción mediante el aparato de placa caliente
- [2] IRAM 11601 (1994). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- [3] Y.S.Touloukian, R. W. Powell, C.Y.Ho., P. G. Klemens. IFI / Plenum.NewYork Washington.1970. Third Printing - February 1978 - Printed in the United States of America. Thermal Conductivity Nonmetallic Solids.
- [4] IRAM 11605. (1997) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- [5] IRAM 11603. (1992) Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- [6] Estadísticas Climatológicas. Período 1981-1990. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aérea Argentina.

ESTUDIO PARAMÉTRICO SIMPLIFICADO DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UN SATÉLITE EN ÓRBITA BAJA TERRESTRE

Héctor H. Brito, Luis A. Lifschitz, Rodolfo M. Duelli, Raúl Dean, Leonardo Molisani, Sebastián Maglione
Grupo de Mecánica Computacional, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nacional 36, Km 601 (5800) - Río Cuarto, Córdoba
Teléfono y fax: 058-676252 - E-mail: hbrito@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta un modelo simplificado que permite realizar predicciones sobre el comportamiento térmico de un microsatélite. En este modelo se presentan los datos y resultados en forma paramétrica lo cual brinda la ventaja de estudiar distintas configuraciones en el espacio de diseño. Se consigna la notación utilizada, análisis de cargas térmicas -para diversas hipótesis-, ecuaciones y parametrización del problema, rango de valores explorados en el espacio de diseño, simulaciones realizadas, discusión de resultados y conclusiones.

NOTACIONES EMPLEADAS

A	Coefficiente de albedo
a	Parámetro adimensional.
b	Parámetro adimensional.
b'	Parámetro adimensional.
c	Parámetro adimensional.
C_e	Calor específico.
F_T	Factor de vista terrestre.
M	Masa.
Q_{abs}	Cantidad de calor absorbido.
Q_{emit}	Cantidad de calor emitido.
Q_{alb}	Cantidad de calor debido al albedo terrestre.
Q_{IR}	Cantidad de calor debido a la radiación infrarroja terrestre
$Q_i\ emit$	Cantidad de calor emitido por la parte iluminada.
$Q_s\ emit$	Cantidad de calor emitido por la parte a la sombra.
$(r_\alpha)^{AL}$	Constante generalizada del albedo terrestre.
$(r_\alpha)^{IR}$	Constante generalizada de la radiación infrarroja terrestre.
r_α	Constante generalizada asociada a la absorptividad.
r_ϵ	Constante generalizada asociada a la emisividad.
S	Superficie.
S_i	Superficie iluminada.
S_s	Superficie a la sombra.
S^{AL}	Superficie expuesta al albedo terrestre.
S^{IR}	Superficie expuesta a la radiación infrarroja terrestre.
T	Temperatura.
T_o	Temperatura de referencia.
T_{TIR}	Temperatura a la cual emite el Planeta Tierra la radiación infrarroja.
t	tiempo.
t_{orb}	tiempo que tarda en dar una órbita el microsatélite (período).
$W(t)$	Potencia térmica recibida en función del tiempo.
α_i	Coefficiente de absorción medio de la parte iluminada.
α_s	Coefficiente de absorción medio de la parte en sombra.
α^{AL}	Coefficiente de absorción medio debido al albedo terrestre
α^{IR}	Coefficiente de absorción medio debido a la radiación infrarroja terrestre.
ϵ_i	Emisividad media de la parte iluminada.
ϵ_s	Emisividad media de la parte en sombra.
σ	Constante de Stefan - Boltzmann
τ	Período adimensional.
θ	Temperatura adimensional.

INTRODUCCIÓN

Un planteo riguroso del problema del control térmico de satélites, así como la solución del mismo, determina esfuerzos considerables de diseño, cálculo, experimentación, ensayos y evaluación de resultados, dada la complejidad del tema, que abarca diversas condiciones de carga térmica, asociadas a las características de la órbita, los regímenes de funcionamiento

y podemos llamar: $b' = b + d$, en consecuencia escribimos la expresión en la forma:

$$(d\theta/d\tau) + a\theta^4 = b' \{1 + \text{Sign}[\text{Sen}(2\pi\tau) + 0.309]\}$$

$$M C_e (dT/dt) = q_{\text{abs}} + q_{\text{alb}} + q_{\text{IR}} - q_{\text{emit}}$$

donde: $q_{\text{IR}} = \alpha^{\text{IR}} S^{\text{IR}} \sigma (T_{\text{TIR}})^4$, $q_{\text{IR}} = (\epsilon_{\alpha})^{\text{IR}} S$, con: $(\epsilon_{\alpha})^{\text{IR}} = \alpha^{\text{IR}} S^{\text{IR}}/S$

Adimensionalizando, obtenemos:

$$c = t_{\text{orb}} \epsilon_{\alpha}^{\text{IR}} S \sigma (T_{\text{T}}^{\text{IR}})^4 / M C_e T_o$$

quedando la ecuación diferencial para este caso:

$$(d\theta/d\tau) + a\theta^4 = b' \{1 + \text{Sign}[\text{Sen}(2\pi\tau) + 0.309]\} + c$$

DATOS UTILIZADOS

Datos estimativos típicos de un micro-satélite (Proyecto μSAT , 1994)

$$\begin{aligned} \sigma &= 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4 \\ T_o &= 300 \text{ K} \\ M &= 30 \text{ kg} \\ C_e &= 900 \text{ J/Kg K} \\ T_{\text{orb}} &= 6000 \text{ seg} \\ W_o &= 1353 \text{ W} \\ S &= 0.7458 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Valor estimado de las constantes utilizadas (Proyecto μSAT , 1994; Mauduyt, 1992)

$$\begin{aligned} \alpha^{\text{AL}} &\approx 1 \\ S^{\text{AL}}/S &\approx 0.5 \\ a &\approx 0.5 \\ F_T &\approx 0.3 \\ (\epsilon_{\alpha})^{\text{AL}} &\approx 0.075 \\ d &= 0.02810482 \end{aligned}$$

Rango de valores explorados

$$\begin{aligned} a &\in [0.1, \dots, 0.5] \\ b &\in [0.04, \dots, 0.2] \\ c &\in [0.02, \dots, 0.1] \\ d &\approx 0.3 \text{ (albedo)} \end{aligned}$$

Las dimensiones del microsatélite, estimadas, que se utilizaron como referencia corresponden a un paralelepípedo de lados 33 cm x 33 cm x 40 cm.

SIMULACIONES REALIZADAS

Mediante la utilización del software Mathematica for Windows (Abell and Braselton, 1993), se obtuvieron las soluciones numéricas de las ecuaciones diferenciales de balance térmico, para las distintas combinaciones de los parámetros consignados en el apartado precedente, correspondiente a las siguientes hipótesis:

a) Hipótesis igual duración entre día y noche. Equipartición luz-sombra

Ecuación utilizada: $(d\theta/d\tau) + a\theta^4 = [b' + b' \text{Sign}(\text{Sen } 2\pi\tau)] + c$

b) Hipótesis de albedo terrestre y corrimiento entre día y noche, 60% del tiempo de órbita del satélite iluminado por el sol

Ecuación utilizada: $(d\theta/d\tau) + a\theta^4 = \{b' + b' \text{Sign}[\text{Sen}(2\pi\tau) + 0.309]\} + c$

c) Hipótesis de cuerpo expuesto a fuente continua de radiación

Ecuación utilizada: $(d\theta/d\tau) + a\theta^4 = b' + c$

Asimismo se graficaron todas las soluciones numéricas obtenidas y se efectuó el trazado de las curvas paramétricas correspondientes.

A modo de ejemplo se indica uno de los gráficos obtenidos para la hipótesis b) -para los valores de los parámetros indicados-, y la comparación entre los mismos y los resultados experimentales relevados en los ensayos térmicos realizados en el I.U.A. (Instituto Universitario Aeronáutico), correspondiendo dichas mediciones a un punto de la estructura externa del satélite.

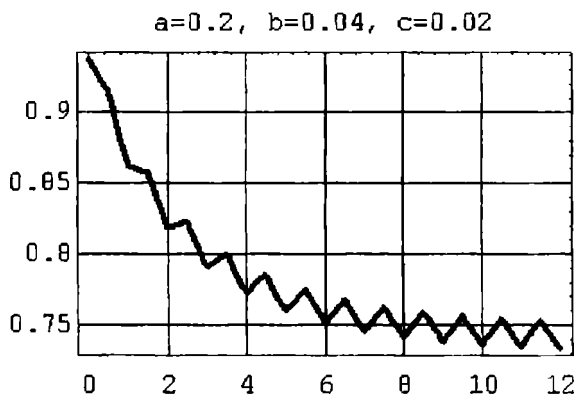


Figura 1

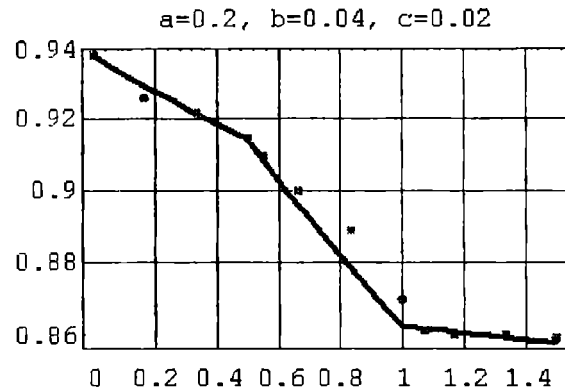


Figura 2

Se consigna tiempo y temperatura adimensionalizados, en abscisas y ordenadas, respectivamente. Los puntos en el gráfico de la Figura 2 corresponden a los resultados experimentales.

Se observa en el gráfico de la Figura 1 que después de 10 órbitas la temperatura media prácticamente se estabiliza. Las oscilaciones alrededor del valor medio reflejan los ciclos día-noche, correspondientes a la hipótesis b). En el gráfico de la Figura 2, que corresponde a una ampliación del gráfico anterior en el rango de 0 a 1,5 periodos -lapso en el cual se efectuaron ensayos sobre el prototipo en cámara de vacío-, se aprecia una buena correspondencia entre los valores experimentales y los calculados en la simulación. Se prevé en una etapa posterior, la validación de los resultados predecidos por el modelo propuesto, utilizando los datos relevados en vuelo del microsátélite μ SAT-1 "Victor".

CONCLUSIONES

Estando el ensayo restringido a un tiempo de 1,5 veces el período, debido a limitaciones en el equipamiento experimental, y observándose que no hay estabilización del comportamiento térmico en dicho lapso, es necesario estimar los rangos de temperatura correspondientes a la estabilización del proceso.

El procedimiento descrito en este trabajo, validado para la duración experimental, permite predecir el comportamiento "estacionario" con una precisión conveniente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kreith, Frank . *Transmisión del calor por radiación*. Compañía Editorial Continental. 1965
- Holman, J.P. . *Heat Transfer*. Mc Graw Hill. 1990
- Proyecto μ SAT - Características Geométricas, Físicas y Tecnológicas. *Comunicación Técnica del I.U.A.*. 1994
- Mauduyt, Jaques. *Control Thermique. Notas del Curso CONCEPTION DES SATELLITES*. Francia. 1992
- Abell, Martha L. and Braselton J.P.. *Differential Equations with Mathematica*. Academic Press. 1993

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

10/10/10

SIMULACION TERMICA DE UN LOCAL ACONDICIONADO MEDIANTE UN MURO ACUMULADOR CON VENTILACION ESTRUCTURAL

L.R.Saravia¹ y A. Bouciguez
 INENCO² : Universidad Nacional de Salta - CONICET
 Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina
 Fax : 54-87-255489, E-mail: saravia@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

Se presenta un programa de simulación numérica llamado "MUROVENT, con el cual se puede simular el comportamiento de un sistema de acondicionamiento térmico activo de un local, el que utiliza un muro acumulador con ventilación estructural en verano y calentamiento mediante colectores solares en invierno. Se describen el tipo de local considerado, la simulación planteada y se discuten los resultados que se obtienen para invierno y verano así como su sensibilidad a los cambios de los parámetros más importantes.

INTRODUCCION.

En trabajos anteriores [1,2,3] se ha propuesto el acondicionamiento de locales en la ciudad de Salta con un sistema activo que utiliza un muro acumulador con ventilación estructural en verano y calentamiento mediante colectores solares en invierno. Se ha construido un prototipo que ha sido medido con el fin de caracterizar el funcionamiento térmico del muro y se ensayó una simulación numérica del mismo mediante diferencias finitas en una dimensión.

En base a la experiencia recogida se ha preparado un modelo numérico de simulación térmica de un local que incorpora un acondicionamiento térmico de este tipo y permite encarar el diseño del muro teniendo en cuenta los parámetros que caracterizan el comportamiento del local y las condiciones climáticas del lugar en que se encuentra. A continuación se describen el tipo de local considerado, la simulación planteada y se discuten los resultados que se obtienen para invierno y verano así como su sensibilidad a los cambios de los parámetros más importantes.

EL LOCAL Y EL SISTEMA TERMICO

La figura 1 muestra un esquema de la planta del local considerado, el que constituye una aplicación típica de este tipo de sistema de acondicionamiento. Se ha dibujado la mitad a ser simulada, ya que la otra mitad es simétrica. El local está flanqueado a ambos lados por muros acumuladores que lo separan de zonas adyacentes en el edificio. El frente, fondo y techo del local se suponen en contacto con el exterior. Por el interior de cada muro circula aire por convección forzada. Durante el verano el aire es tomado desde el exterior durante la noche refrescando el muro. La circulación se suspende durante el día y el muro refresca el local. Durante el invierno el aire pasa a través de colectores solares durante el día con el fin de calentar el muro. Durante la noche se suspende el flujo y el muro colabora en el calentamiento del local. Los colectores estarán colocados sobre la envolvente del local, ya sea en una pared que mira al norte o en el techo.

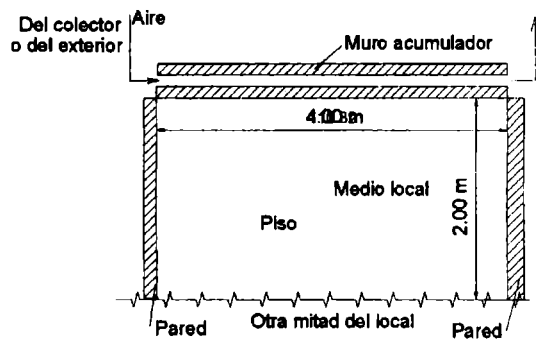


Fig. 1.- Planta esquemática de la mitad del local.

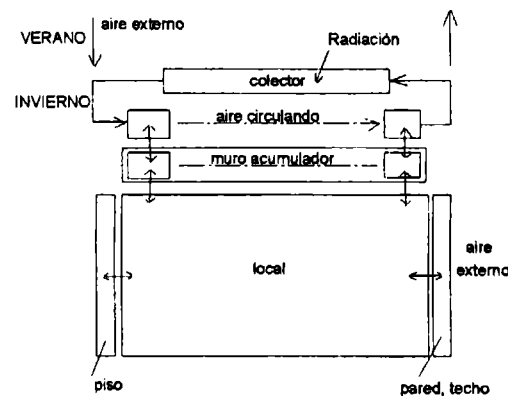


Fig. 2.- Representa los objetos que forman el simulador del local y los intercambios entre ellos

A los efectos de ensayar la simulación numérica preparada, se tendrá en cuenta un local de 4x4 m² de área y 2,40 m de altura cuyos componentes tienen los valores que figuran en la Tabla 1 para sus principales propiedades. Los coeficientes de convección corresponden a las superficies de los tres tipos de componentes básicos que forman el local. En el caso de paredes y techos se ha supuesto que existe una aislación térmica de baja masa adosada a la superficie, por lo que el coeficiente considera el paralelo de la capa de aire y la aislación colocada. En el caso del muro acumulador el coeficiente externo considera el hecho de que circula aire a cierta velocidad. Si bien esta es baja, menor de 1 m/s, incrementa en algo

¹- Investigador del CONICET , ²- Instituto UNSa-CONICET

Tabla 1.- Valores de las principales propiedades de los componentes del local simulado.

Componentes		Muro acumulador	Paredes y techo	Piso
Espesor	m	0.3	0.3	0.5
Densidad	kg/m ³	1500	1500	1800
Calor específico	J/kg.C	1000	1000	1000
Conductividad térmica	W/m.C	1.0	1.0	0.6
Coef. Convección interno	W/m ² .C	9	6	6
Coef. Convección externo	W/m ² .C	6	1	-

al mismo. Para el piso se consideró que a 50 cm la variación diaria de temperatura es mínima y el coeficiente pierde relevancia, por lo que se toma un valor nominal a efectos de poder usar el mismo algoritmo de simulación que para las paredes.

El colector estará caracterizado por la siguiente expresión, que es la habitual para un colector de aire[4]:

$$Q_{\text{util}} = A_{\text{col}} \times (0.5 \times I - 5 \times (T_{\text{ext}} - T_{\text{aire}})),$$

donde Q_{util} es el flujo de calor extraído por el aire que circula, en W/m², I es la radiación instantánea que llega a la superficie del colector, en W/m², A_{col} es el área de colección, T_{aire} es la temperatura de entrada del aire que circula y T_{ext} es la temperatura del ambiente en el que está colocado el colector, ambas en °C.

EL PROGRAMA DE SIMULACION "MUROVENT".

El lenguaje utilizado para preparar la simulación numérica fue el Visual Basic, versión 5.0[5], que permite usar la técnica de objetos para representar los elementos que forman el local. Los objetos y relaciones se describen gráficamente en la figura 2, siendo explicados en los párrafos que siguen. Al programa se le ha dado el nombre de MUROVENT, versión 1.0.

Se definió una clase genérica llamada PARED que representa un elemento másico unidimensional con las siguientes propiedades: densidad, calor específico, conductividad térmica, espesor y área. Se encuentra en contacto en ambos lados con aire a temperaturas dadas a través de una capa sin masa caracterizada por un coeficiente convectivo. El elemento tiene una distribución de temperaturas en un conjunto de puntos igualmente espaciados a lo largo de su espesor. Los puntos en los extremos se encuentran sobre las respectivas superficies. Un "método" calcula la evolución de las temperaturas en un intervalo de tiempo si se suponen conocidas y constantes en el intervalo las temperaturas del aire a ambos lados. Cuando el "método" es llamado devuelve las nuevas temperaturas en las superficies, que son los eventuales puntos de contacto del elemento con las otras componentes del local. La clase tiene en cuenta el hecho de que al arrancar el cálculo deben conocerse la distribución inicial de temperaturas, que figura como una propiedad adicional. El algoritmo utilizado para calcular la variación de temperatura es el más sencillo posible, dado que para las microcomputadoras actuales estos cálculos no constituyen un problema de envergadura. Se ha aplicado a la ecuación del calor para el elemento una discretización por diferencias finitas explícita, la que se debe hacer avanzar en pasos de tiempo pequeños para que converja.

A partir de la clase se pueden generar distintos objetos que tengan la misma estructura. Las paredes del local, techo y piso están directamente representados por esta clase. El muro acumulador tiene el problema de que su temperatura va variando a lo largo del trayecto por el cual fluye el aire proveniente del colector, por lo que se lo representa por una sucesión de 6 objetos PARED, todos con iguales propiedades, los que se van poniendo en contacto con el aire que circula en sucesión.

Una segunda clase genérica llamada VOLUMENAIRE representa a los volúmenes de aire enfrentados a las porciones del muro acumulador y en los cuales entra y sale el flujo de aire circulante dentro del muro, el cual, en el invierno, proviene del colector solar durante el día y vuelve al mismo luego de circular por 6 volúmenes en forma sucesiva. Un "método" calcula directamente la temperatura de salida del aire de un volumen teniendo en cuenta la de entrada y las temperaturas de las porciones de muro acumulador con la que hace contacto. La temperatura de salida de un módulo es la de entrada del siguiente. La circulación de aire es en un circuito cerrado ya que el aire vuelve al colector, por lo que el cálculo requiere un proceso iterativo en el que se supone conocida la temperatura de entrada de aire al colector, se calculan los sucesivos pasajes del aire por el colector y los 6 volúmenes para obtener la nueva temperatura de entrada al colector. Este proceso se repite iterativamente hasta obtener los valores estacionarios de todas las temperaturas. Durante el verano la situación cambia ya que no se usa el colector y el aire se toma directamente del exterior conociéndose su temperatura, es decir, no existe recirculación. En estas condiciones no es necesario recurrir a una iteración.

Un último objeto es el aire del local, cuya temperatura queda definida por los aportes térmicos de los distintos elementos másicos. La temperatura se obtiene como promedio de las de las distintas superficies teniendo en cuenta el flujo de calor entregado por cada una.

La evolución de la simulación teniendo en cuenta todos los objetos del modelo resulta de una interacción sucesiva entre los objetos con masa y los que no la tienen. Se arranca conociendo la temperatura inicial de las masas. Con ellas se calculan las temperaturas en cada volumen de aire y en el local. Con las mismas supuestas constantes se calcula la evolución de las temperaturas de las masas durante un corto período de tiempo. Luego se vuelve a repetir el esquema avanzando en el tiempo. En esta evolución se deberán ir entregando como datos la radiación en el colector y la temperatura ambiente. Se cortará la circulación de aire en el colector durante el invierno cuando la radiación se anule, y durante el verano cuando la temperatura del aire externo sea mayor que la del local.

RESULTADOS DE INVIERNO

En la figura 3 se muestran resultados de una simulación para una sucesión de 5 días soleados y fríos y 5 cuasinublados. Los datos para cada tipo de día son reales, tomados en el prototipo de local con muro que ha sido ensayado anteriormente [1], pero la sucesión es ficticia y ha sido armada para observar la entrada en régimen estacionario y la respuesta del local cuando cae la radiación. La temperatura inicial en los distintos muros es ligeramente inferior a la media de los primeros cinco días, con lo cual se logró llegar a régimen en ese período. El colector se coloca con 45 grados de inclinación y la radiación máxima sobre el mismo llega a 870 w/m² a mediodía. Para los días cuasinublados la radiación máxima fue de 425 W/m². La temperatura inferior de la figura 3 es la temperatura ambiente. Los primeros días son fríos y la temperatura nocturna baja de 0 C hasta unos -3 C. Durante los días nublados la temperatura se estabiliza durante todo el día. La siguiente temperatura es la del local. Con las aislaciones especificadas en la tabla 1 se logra una temperatura del local cercana a los 19 C con un área de colector de 3 m² para la mitad del local que se simula. La variación de temperatura del local a lo largo del día es baja, del orden de un grado entre día y noche, gracias a la masa del sistema. Esta variación se logra con el muro acumulador de 30 cm de espesor, lo que amortigua mucho la influencia de la variación de la temperatura del aire que circula por el colector. Las dos temperaturas superiores corresponden al aire que circula por el muro, a la entrada del muro (salida del colector) y a su salida (entrada del colector). La variación de temperatura es de unos 10 C de punta a punta, con un máximo a mediodía de 50 C. Estas temperaturas dependen bastante del flujo de aire circulante. El adoptado en las simulaciones es proporcional al área de colección A_{col} e igual a $0.03 \cdot A_{col}$ en kg/s. Este valor es del orden del doble del habitualmente utilizado en colectores de aire y se eligió de esta manera para que el salto de temperaturas a lo largo del muro no fuese muy alto. Durante la noche el flujo de aire se para, por lo que las líneas marcadas no tienen sentido físico y solo aseguran la continuidad de la línea.

En la figura 3 no se ha colocado la temperatura en el muro acumulador por razones de claridad. A la entrada del muro, sobre la cara que mira al aire que circula, la temperatura llega a 38 C y baja hasta 26 C. Se tiene un salto de 12 C mientras la figura muestra que el aire en circulación cambia unos 18 C. En la cara que da al local el muro oscila entre 22 y 24 C gracias al espesor del muro.

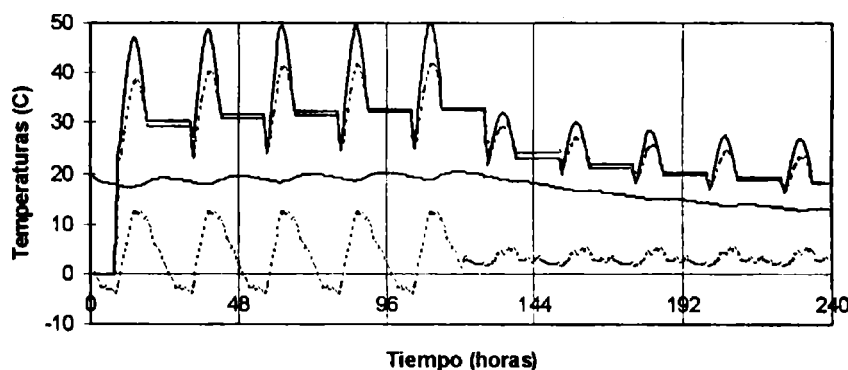


Fig. 3.- Temperaturas obtenidas en la simulación de una sucesión de días de invierno. Ellas son, de abajo a arriba: ambiente, aire del local, salida aire de circulación, entrada aire de circulación

La Tabla 2 muestra los principales resultados de un estudio de sensibilidad en que se han ido variando de a uno los

Tabla 2.- Cálculo de sensibilidad para 3 parámetros observando 4 temperaturas.

Temperaturas	Cálculo de base	Espesor muro acum		Flujo de aire		Área colector	
		Base = 0.30 m	Base = 0.15 m	Base = $0.03 \cdot A$ kg/s	Base = $0.04 \cdot A$ kg/s	Base = 3 m ²	Base = 4 m ²
Cambio introducido		0.45	0.15	$0.02 \cdot A$	$0.04 \cdot A$	2	4
Media del local	19	18	20.5	19	19	17	20
Variación en el local	1.0	0.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Máxima, aire entrada	50	50	50	54	48	44	55
Máxima, aire salida	42	42	42	41	42	34	48

principales parámetros del sistema. Se dan los resultados correspondientes a las principales temperaturas. Se observa que el espesor del muro acumulador influye mucho sobre la variación diaria de temperatura del local, el flujo de aire circulante influye sobre la temperatura máxima del aire de entrada y el área de colección influye sobre la temperatura media del local y las temperaturas del aire de circulación.

RESULTADOS DE VERANO

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos con el sistema funcionando en modo de refrescamiento para un día de verano en que la temperatura máxima ha llegado a 34 C y se tiene un salto diurno-nocturno de 17 C. A igual que en el caso anterior se armó una secuencia de días iguales, en este caso 10, con el fin de apreciar la entrada en régimen. Se impusieron condiciones iniciales de 25 C en todas las masas, como si el sistema no hubiese estado funcionando anteriormente y la casa estuviese caliente. Se aprecia en la figura 4 que el local tarda los 10 días en llegar a su situación estacionaria.

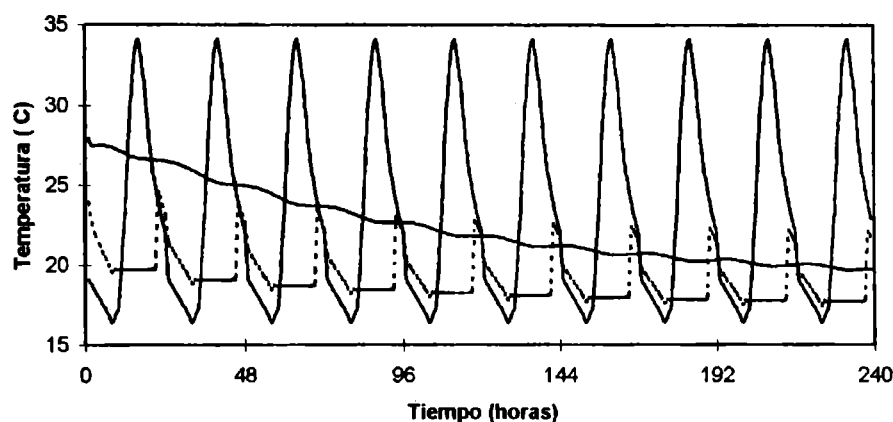


Fig. 4.- Temperaturas obtenidas en la simulación del sistema de refrescamiento durante una sucesión de días de verano. Ellas son, de arriba a abajo: temperatura externa, del aire del local y del aire de circulación a la salida.

Como se aprecia, se logra una temperatura media en el local de unos 20 C, mientras la media diaria de la temperatura externa es de unos 24 C. La variación diaria es baja, lo que esperable dado que la masa del local es alta. En la figura 4 también se muestra la temperatura del aire que circula dentro del muro. La de entrada al muro es el aire externo, por lo que no existe como curva separada. La de salida se muestra como una curva punteada. Tiene valores por encima de la temperatura de entrada ya que en este caso el aire que circula es calentado por el local, es decir, el aire está extrayendo calor aprovechando el descenso nocturno de la temperatura externa. Se ha adoptado un valor para el flujo de aire que circula igual al utilizado durante el invierno, de 0.09 kg/s.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una herramienta de diseño que permite encarar la selección de los distintos parámetros del sistema de acondicionamiento térmico que se discute. La misma resulta ser necesaria en virtud de que existen diversos parámetros que deben ser elegidos adecuadamente para lograr un funcionamiento balanceado tanto en verano como invierno. La puesta a punto de este tipo de sistemas depende de manera importante de las condiciones meteorológicas del lugar de uso. Esta herramienta se ha desarrollado en forma independiente de otros programas generales de cálculo del balance térmico de edificios y tiene como fin realizar un análisis rápido de las posibilidades del sistema usando como referencia un local tipo. Se dispone del código fuente del programa, en el cual es sencillo realizar cambios para introducir distintos tipos de cargas térmicas. Un programa más general, como ser el SIMEDIF que también fue desarrollado en el INENCO[6], no puede ser usado directamente con este fin ya que no dispone de circulación forzada de aire entre locales, pero su programación podría ser adaptada si se requiere un estudio que tenga en cuenta una descripción más detallada del edificio.

REFERENCIAS

1. Bouciguez, A. y Saravia, L. R., *Sistema activo de calentamiento y enfriamiento de edificios para la ciudad de Salta*, Actas de la 16ta. Reunión de Trabajo de la ASADES, La Plata, Argentina, pp.159, 1993.
2. Bouciguez, A. y Saravia, L. R., *Ensayo de un sistema de calentamiento y refrescamiento*, Actas de la 17ma. Reunión de Trabajo de la ASADES, Rosario, Argentina, pp. 39, 1994.
3. Saravia, L. R. y Bouciguez, A., *El muro ventilado como acumulador de invierno y verano: simulación y comparación con los resultados experimentales*, Actas de la 19na. Reunión de Trabajo de la ASADES, Mar del Plata, Argentina, pp. 06.33, 1995.
4. J. A. Duffie and W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Wiley-Interscience, pp. 224, 1980
5. Visual Basic, version 5.0, *Programming System for Windows 95 and Windows NT*, Microsoft Corporation, 1997.
6. M. Casermeiro y L. R. Saravia, *Cálculo térmico horario de edificios solares pasivos*. Actas de la 9na. Reunión de Trabajo de ASADES, San Juan, Argentina, pp. 39, 1984.

MODELO COMPUTACIONAL ANALITICO PARA EL ESTUDIO DE COLECTORES ACUMULADORES INTEGRADOS TUBULARES

J. R. Barral*, B. D. Wood#

*Universidad Nacional de Río Cuarto - Facultad de Ingeniería
Ruta Nacional 36 km 601, (5800) Río Cuarto - Córdoba - Tel. (058) 676243 - Fax (058) 676246
E-mail jbarra@ing.unrc.edu.ar

Arizona State University, College of Engineering and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering
Arizona State University, Tempe, Arizona 85287
E-mail bdwood@asu.edu

RESUMEN

Se ha desarrollado un modelo computacional analítico para la simulación del funcionamiento de colectores acumuladores integrados tipo tubular. El modelo permite el estudio del comportamiento de este tipo de colectores para condiciones climáticas de distintas localidades y con distintos requerimientos de agua caliente. La eficiencia y la fracción solar fueron analizadas para distintas combinaciones de volúmenes totales y áreas de apertura de colector, usando años meteorológicos típicos de ciertas ciudades en simulaciones de un año corridas en un programa comercial de simulación de procesos solares (TRNSYS). De la misma manera, la influencia de algunas variables críticas fue estudiada mediante un análisis de sensibilidad.

INTRODUCCIÓN

Los colectores acumuladores integrados han probado ser una alternativa muy conveniente para sistemas de agua caliente doméstica en climas con condiciones de congelamiento no muy severas. Aunque hay algunos tests disponibles para determinar comparativamente cuan bien trabajan distintas unidades, las grandes masas térmicas y el comportamiento altamente dependiente de la carga de agua caliente de estos colectores-almacenadores, no permiten realizar predicciones sobre su comportamiento en condiciones reales y por periodos largos de tiempo.

El tipo de unidad estudiada esta compuesta básicamente por tubos conectados en serie y dispuestos uno al lado del otro, en una caja aislada en los laterales y el fondo y con una cubierta (o más) de vidrio en la parte expuesta a la radiación solar. Un corte transversal es mostrado en la Figura 1. La unidad, conectada como precalentador a un sistema convencional, se ubica generalmente en el techo con una determinada inclinación, quedando los tubos en forma horizontal. La entrada de agua se realiza por el tubo inferior (primer tubo); el agua absorbe energía a medida que atraviesa todos los tubos y, finalmente, el agua caliente se extrae por el tubo superior (último tubo). No es necesario un tanque de almacenamiento aparte. Cuando el agua caliente es requerida, ésta fluye desde el tubo superior y es reemplazada por agua fresca en el primer tubo.

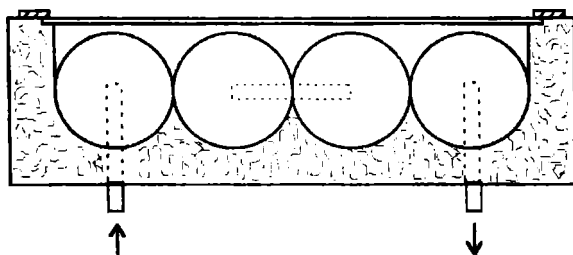


Figura 1. Corte transversal de un colector acumulador integrado tubular.

Este tipo de colectores presenta ciertas ventajas sobre los conocidos sistemas activos de colectores planos: (a) los sistemas son extremadamente simples, no necesitan de componentes auxiliares para funcionar, por lo cual los costos de operación y mantenimiento son mínimos, (b) los costos fijos iniciales y de instalación son bajos (sólo se intercala la unidad entre la entrada de agua y el calentador convencional) y (c) las unidades ofrecen gran resistencia al congelamiento sin ningún elemento de control adicional. La desventaja fundamental de estos colectores se encuentra en sus altas pérdidas nocturnas de energía, lo cual es inevitable dado que la superficie absorbidora y de almacenamiento (los tubos) permanece expuesta sin aislación adicional (solo la cubierta de vidrio) al frío de la noche.

El modelo computacional se basó en un detallado análisis de las ganancias y pérdidas de energía de cada uno de los tubos y los sectores de cubiertas asociados a ellos, considerando a cada elemento como un nodo isotérmico. Para englobar los distintos posibles perfiles de demanda de agua caliente, se utilizaron dos perfiles básicos, uno altamente cargado a la mañana y otro a la tarde.

MODELO ANALITICO Y SOLUCION NUMERICA

La ecuación de balance de energía (1) [1] se utilizó para evaluar las ganancias y pérdidas de energía de cada uno de los tubos y la ecuación (2) para la evaluación en los nodos de cubierta:

$$\frac{dT(j)}{dt} = \frac{1}{c_w M_w} \left[S(j) + c_w \left(\frac{dM_w}{dt} \right) (T(j-1) - T(j)) - Q_{PERD} \right] \quad (1)$$

$$\frac{dT_C(j)}{dt} = \frac{1}{c_G M_G} [Q_{GAN} - Q_{PERD}] \quad (2)$$

En la ecuación (1) $T(j)$ representa la temperatura del tubo j , c_w y M_w el calor específico del agua y la masa de agua en cada tubo respectivamente, $S(j)$ la energía solar absorbida en el escalón de tiempo considerado, y Q_{PERD} engloba todas las pérdidas por convección, radiación y conducción que experimenta cada tubo. En la ecuación (2) $T_C(j)$ representa la temperatura del nodo de cubierta j , c_G y M_G el calor específico del vidrio y la masa de vidrio en cada nodo de cubierta respectivamente, Q_{GAN} y Q_{PERD} los calores ganados y perdidos por el nodo de cubierta.

Para el cálculo de cada $S(j)$ se usó el modelo HDKR [2] y se tuvieron en cuenta las pérdidas ópticas por la cubierta y efectos de sombreado por los bordes de la caja aislada. Para el cálculo de Q_{GAN} y Q_{PERD} en cada ecuación se utilizaron distintas expresiones de transferencia de calor y energía solar. Un tratamiento especial se le dio al cálculo de pérdidas de los tubos con la primera cubierta, en donde resultados de superficies corrugadas se adaptaron para el caso de transferencia por convección y regresiones lineales múltiples se usaron en el planteo de ecuaciones para evaluar los efectos de radiación del calor. El sistema de ecuaciones resultante fue resuelto para cada intervalo de tiempo mediante un método de Runge-Kutta de segundo orden [3].

SIMULACION MEDIANTE TRNSYS

El modelo analítico descrito en el título anterior fue codificado en FORTRAN, para conformar un componente que responda a los requerimientos de los componentes standard de TRNSYS [4]. Las variables de interés fueron dispuestas como parámetros del componente, a fin de posibilitar una fácil modificación de los mismos para las distintas simulaciones. Los componentes fundamentales del sistema fueron un lector de datos climáticos, funciones forzadoras, un procesador de radiación solar, el colector-acumulador tubular, un calentador auxiliar y un integrador (para integrar mensualmente las distintas energías).

Los datos de entrada para el modelo desarrollado fueron: (a) radiación extraterrestre, radiaciones total y difusa horizontal, y ángulos de posición del sol, datos provistos por el procesador de radiación, (b) temperaturas ambiente y de rocío y velocidad del viento, provistos por el lector de datos, y (c) perfiles de flujo de agua caliente y temperatura del agua de entrada, provistos por las funciones forzadoras. Los datos de salida fueron calor útil, energía total absorbida y temperaturas en los distintos tubos y nodos de cubierta. Como parámetros, con posibilidad de modificación entre una simulación y otra, se dispusieron el volumen y área de apertura totales, espesor de la aislación, distancia absorbedor-primer cubierta, coeficiente de extinción del vidrio, absorbancia de la superficie de los tubos y la emisividad del vidrio. Los datos de entrada fueron leídos en general cada seis (6) minutos, con lo cual se aseguraba la convergencia del método de resolución numérica. La temperatura de salida de agua caliente fue fijada en 50 C.

El modelo fue validado mediante la comparación de datos experimentales extraídos de tests realizados a unidades reales [5] [6] con resultados obtenidos mediante simulaciones utilizando los mismos datos de entrada que en los experimentos [7] y la correspondencia observada fue muy buena, con dispersiones inferiores al 8 %.

En la Figura 2 se muestran algunas temperaturas para una unidad de 6 tubos, como así también temperatura ambiente y radiación solar para tres días invernales en la ciudad de Phoenix (Arizona, U.S.A.). Se puede observar allí que debido a su baja masa térmica, la cubierta refleja rápidamente los cambios que se dan en la temperatura ambiente, mientras que los tubos están fundamentalmente afectados por la radiación solar, sufriendo un lento proceso de enfriamiento durante la noche, hasta llegar toda la unidad prácticamente a la misma temperatura por la mañana temprano.

La eficiencia anual, definida como el cociente entre el calor útil proporcionado por el colector acumulador y la radiación total incidente en el área de apertura, y la fracción solar, definida como el porcentaje de la demanda total de agua caliente cubierta por el recurso solar, fueron estudiadas, para distintas combinaciones de volúmenes y áreas, dejando los otros

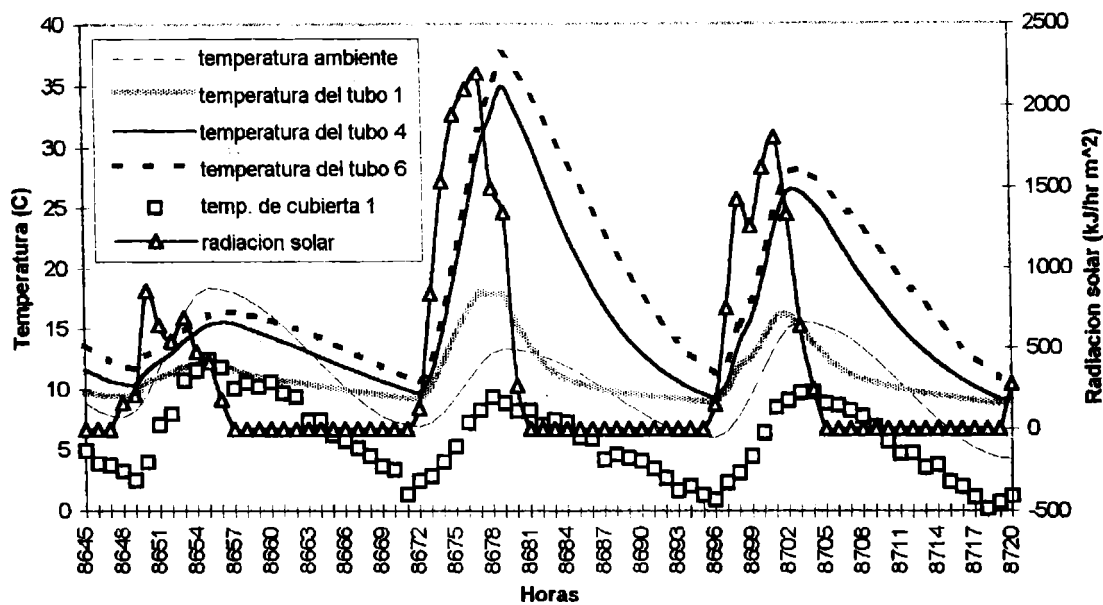
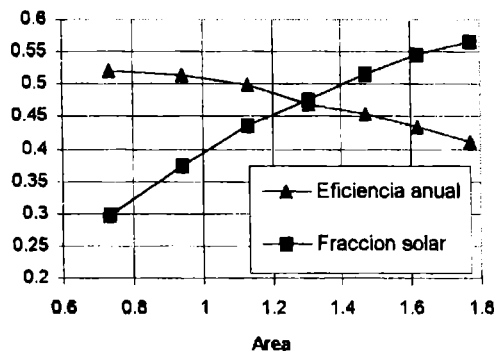
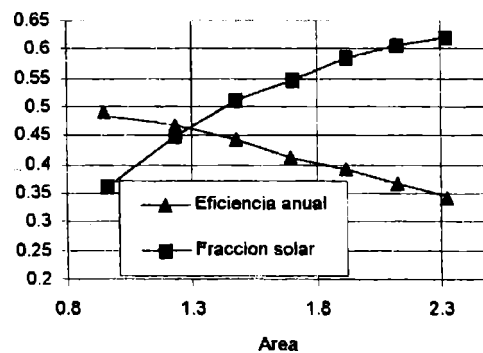


Figura 2. Variables de un colector acumulador de seis tubos, radiación solar y temperatura ambiente.

parámetros constantes. Los resultados para dos volúmenes diferentes son mostrados en la Figura 3. De allí se deduce que la eficiencia no es un parámetro muy conveniente para evaluar la bondad de este tipo de unidades, ya que la misma es baja para unidades que proveen las mayores cantidades de energía anual. Adoptando entonces la fracción solar como parámetro principal para la evaluación de las unidades, se procedió a la comparación de los distintos perfiles de carga, resultado que es mostrado en la Figura 4 para demandas de agua caliente cargadas en la mañana y en la tarde. Allí se puede observar que demandas de agua matutina son menos favorables que aquellas que se dan en la tarde. Estas tendencias se repitieron para los años meteorológicos típicos de distintas ciudades. Finalmente, la Figura 5 muestra fracción solar en función de área para un perfil vespertino y tres volúmenes totales diferentes; allí se comprueba que la curva se superpone y en algunos casos es lo mismo tener un volumen menor con muchos tubos que el volumen mayor siguiente con menos tubos.



(a)



(b)

Figura 3. Eficiencia y fracción solar en función del área para colector acumulador de volumen total (a) 160 litros y (b) 240 litros.

Para el análisis de sensibilidad se adoptó una unidad de 6 tubos, con valores convencionales para todas las variables de diseño. Luego, las variables de interés fueron variadas, de a una por vez, dejando las otras constantes, para estudiar su influencia sobre la fracción solar del sistema. En la Figura 6 se muestran resultados obtenidos para la variación del espesor de aislación, y en la Figura 7 se muestra la influencia de la distancia absorbedor-primera cubierta.

CONCLUSIONES

Es conveniente adoptar la fracción solar como parámetro para la evaluación de la performance de los colectores almacenadores tubulares, ya que la eficiencia disminuye con el aumento de área (proporcional a la cantidad de tubos), pero el ahorro de energía aumenta y es esto último en definitiva lo que se busca. Esta disminución de eficiencia se da por el incremento del área expuesta al frío de la noche, lo cual incrementa las pérdidas, pero por otro lado, la mayor área favorece

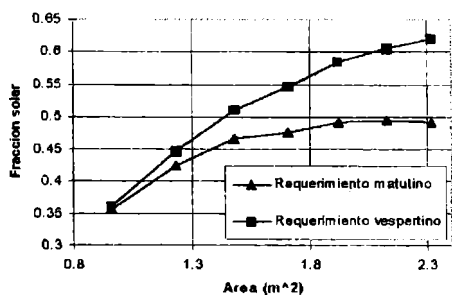


Figura 4. Comparación de requerimientos

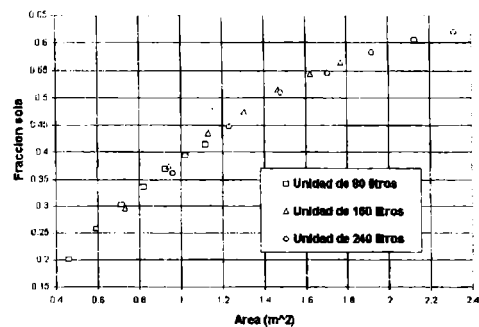


Figura 5. Fracción solar para distintas unidades

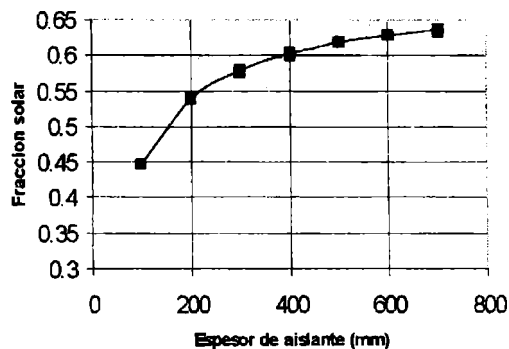


Figura 6. Influencia del espesor de aislante

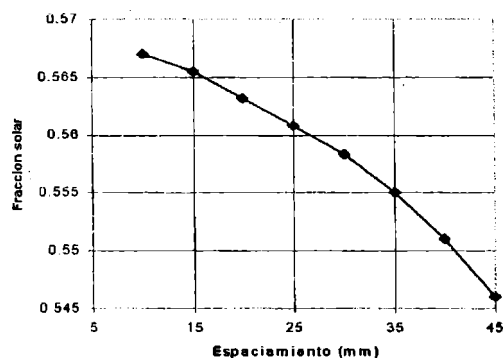


Figura 7. Influencia del espacio absorbedor-cubierta

la absorción de energía solar durante el día, que es cuando generalmente se dan las mayores demandas de agua caliente. En otras palabras, el colector con mayor área (mayor número de tubos) está más capacitado para absorber energía en las horas en que esta es requerida. Se observa en la Figura 4 que las extracciones de agua por la mañana son menos beneficiosas que las hechas por la tarde, lo cual obedece al hecho de que a la mañana el colector no ha tenido tiempo de almacenar suficiente energía debido a la baja radiación solar de las primeras horas del día. De todas maneras la tendencia es la misma para cualquier requerimiento de agua caliente: a mayor volumen total y número de tubos, mayor fracción solar.

Del análisis de sensibilidad se desprende que la aislación debe sobrepasar ciertos valores mínimos para garantizar que la unidad funcionará en la zona de altas eficiencias (Figura 6), después de los 400 mm, incrementos en espesor no producen grandes mejoras y el volumen del colector se incrementa demasiado. En lo que respecta a espaciamiento absorbedor-cubierta (Figura 7), se observa que dentro de las posibilidades tecnológicas es conveniente un espaciamiento pequeño; grandes espaciamientos incrementan los efectos de sombreado.

En definitiva, el modelo computacional desarrollado constituye una herramienta de diseño, que permite en forma simple (cambio de parámetros antes de cada simulación) evaluar el comportamiento que tendrá un colector almacenador para distintas combinaciones de volúmenes, área y otras variables de interés, para distintos requerimientos de agua caliente y condiciones climáticas.

REFERENCIAS

- [1] Zollner, A., Klein, S. A., and Beckman, W. A., "A Performance Prediction Methodology for Integral Collection-Storage Domestic Hot Water Systems", *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol 107, p. 265, 1985.
- [2] Duffie, J. A., and Beckman, W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes, Second Edition*, John Wiley and Sons, New York, 1991.
- [3] Chapra, S. C., and Canale, R. P., *Numerical Methods for Engineers, Second Edition*, McGraw-Hill, Inc., New York, 1988
- [4] TRNSYS, "A Transient Simulation Program" Version 14.2, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, 1996
- [5] ASU, Solar Collector Test Report No GFW000907, Arizona State University, Solar Test Facility, Tempe, 1997.
- [6] SRCC, Directory of SRCC Certified Solar Collectors and Water Heating Systems Ratings, Solar Rating & Certification Corporation, Washington, D. C., 1996.
- [7] Barral, J. R., "Performance Analysis of Tubular Integral Collector Storage Units", M. S. Thesis, Arizona State University, Tempe, 1997.

DETERMINACION DE LAS MAGNITUDES SICROMETRICAS DE MATERIALES PARA REFRESCAMIENTO EVAPORATIVO *

Juan C. Marchioli, Alberto D. Fernández, Luis A. Romero
INENCO - Catamarca
Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - UNCA
Maximio Victoria 55 - CP 4700 - Catamarca - Tel-Fax (0833) 35112 - Idherrer @catam.unca.edu.ar

Walter E. Herrera
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNCA
Av. Belgrano 300 - 4700 - Catamarca

Graciela Lessino °
INENCO - Univ. Nac. de Salta
Bs.As. 177 - 4400 - Salta

RESUMEN

En el presente trabajo, se evalúan las magnitudes sicrométricas intervinientes en la zona lineal de evaporación, zona de trabajo de los sistemas de refrescamiento evaporativo, para las baldosas de tabique, las baldosas cerámicas y la tela de arpillera, con sus respectivas curvas de ajuste al modelo matemático propuesto, para determinar la masa de agua evaporada por unidad de tiempo, determinando las constantes características de los tres materiales, se presenta también una tabla con los valores de las magnitudes sicrométricas en el proceso evaporativo, sentando las bases para el diseño de equipos de refrescamiento evaporativo para espacios cerrados.-

INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1) se determinó para la evaporación forzada de agua en una muestra humidificable la relación masa de agua evaporada - tiempo transcurrido, sin reposición de agua al sistema, tomando como parámetro la velocidad del aire, se encontró una primera zona lineal, con velocidad de evaporación constante (2), con mayor definición en la baldosa de tabique, la baldosa cerámica y la tela de arpillera, materiales ensayados en este trabajo.

Es de interés estudiar minuciosamente, el comportamiento de los materiales en esta primera zona lineal, considerando que es la zona de trabajo de los sistemas de refrescamiento evaporativo.

Para realizar los ensayos se utilizó el túnel de viento presentado en otro trabajo (3), utilizando como parámetro la velocidad del aire circulando tangencialmente, para determinar su influencia en las funciones sicrométricas de los procesos.

DESCRIPCION DEL METODO

Para acentuar las magnitudes intervinientes, se montó un dispositivo solidario con el sistema de pesada de sección transversal de (10 x 60) cm., reduciendo el caudal de aire en contacto con la muestra, midiendo: el peso de agua evaporada, las temperaturas con termocuplas cobre-constantán y las humedades con medidores marca Vaisala Modelo HMP 35 D, con una apreciación de $\pm 2\%$ de humedad relativa.-

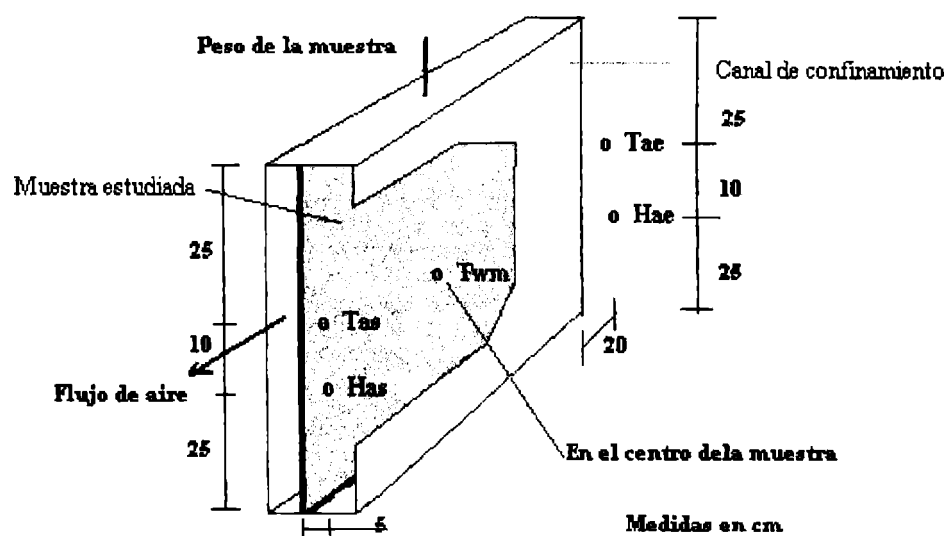


Fig. 1 - Ubicación de los sensores de las magnitudes medidas.

* Parcialmente financiado por
SEDECYT - UNCA

° Miembro de carrera del CONICET

v_a = velocidad del aire en [m/s]

$T_{ae} - T_{as}$ = temperatura de aire de entrada - salida en [°C]

T_{wm} = temperatura del agua en la muestra en [°C]

$H_{ae} - H_{as}$ = humedad relativa del aire de entrada - salida en [%]

Δm_w = agua evaporada medida en forma directa en [Kg/s]

MAGNITUDES SICROMETRICAS

A continuación se presenta la nomenclatura de las magnitudes principales intervinientes en los cálculos.

K = constante evaporativa en [Kg/ s (m/s) m²]

B = exponente de la velocidad del aire

A = superficie mojada de la muestra en [m²]

W_{sw} = humedad específica de un aire saturado a la temperatura del agua en la muestra en [Kg/Kg a.s.]

W = humedad específica media del aire en [Kg/Kg a.s.]

Q_{lat} = calor latente, calculado a partir del agua evaporada [KJ/s]

A partir de las magnitudes medidas, empleando fórmulas conocidas y adaptando otras a las condiciones de nuestro estudio (4), se determinaron las constantes evaporativas (B y K) que participan en el modelo matemático propuesto:

$$\Delta m_w = K \cdot v_a^B \cdot A (W_{sw} - W)$$

Para deducir dichas constantes se aplica logaritmo natural, y se realiza una regresión lineal.

$$\ln \Delta m_w = B \cdot \ln v_a + \ln [K \cdot A (W_{sw} - W)]$$

$$y = B \cdot x + C$$

$$\text{ant } \ln C = K \cdot A (W_{sw} - W)$$

$$K = \frac{\text{ant } \ln C}{A (W_{sw} - W)}$$

El refrescamiento producido por la muestra, se calcula con la siguiente expresión: $Q_{lat} = 2.501 \cdot \Delta m_w$

Las magnitudes y los resultados obtenidos se indican en la Tabla 1.

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

De los tres materiales ensayados, se muestra a modo de ejemplo la regresión lineal de las baldosas de cerámica, donde se observa la notable concordancia entre los valores medidos y la recta de ajuste.

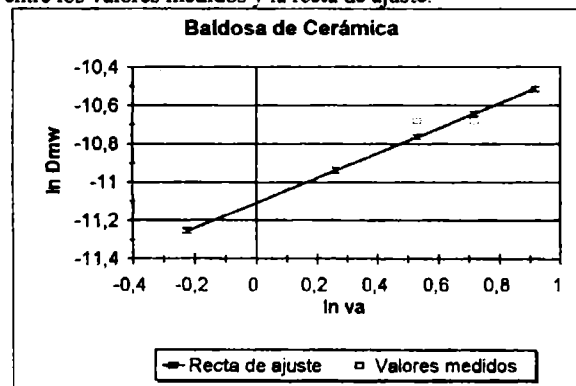


Gráfico N° 1 - Baldosas Cerámicas

Como se consideró que resultan más ilustrativos, se muestran los valores medidos comparados con las curvas de ajuste calculadas con el modelo matemático propuesto empleando las constantes deducidas, todo para dos materiales.

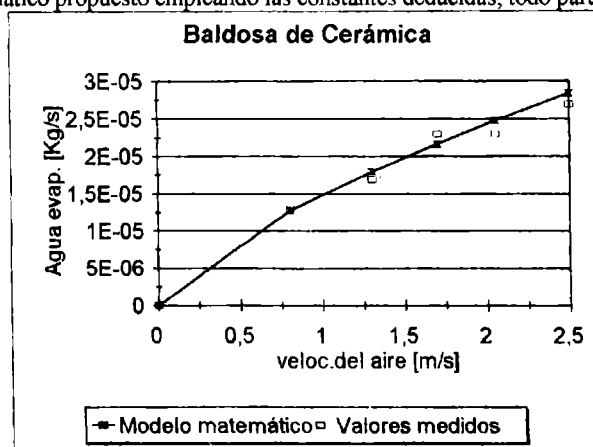


Gráfico N° 2 - Comparación valor medido - curva de ajuste Baldosa de Cerámica

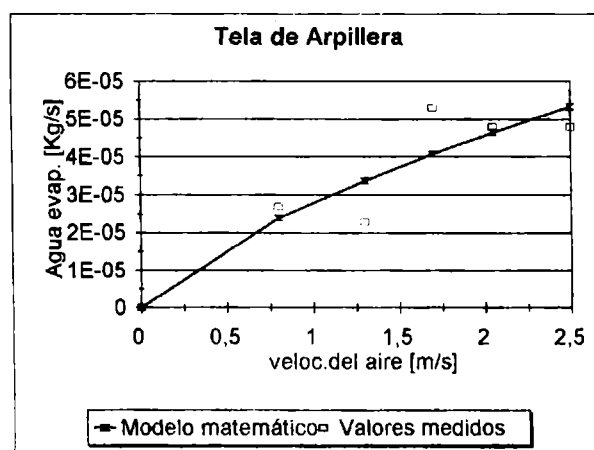


Gráfico N° 3 - Comparación valor medido - curva de ajuste Tela de Arpillera

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como puede apreciarse, la fórmula deducida se ajusta notablemente para los dos materiales cerámicos, presentando cierta dispersión para la tela arpillera concordante con la vaga definición de la zona lineal de evaporación de este material.

Con respecto al exponente B, su valor concuerda precisamente con el valor 0,8 estimado por algunos autores (2), y en relación con la constante K puede apreciarse que cuanto mayor es su valor, mayor es el refrescamiento evaporativo que produce el material correspondiente, en nuestro caso a la tela de arpillera con $K = 0,0082$.

CONCLUSIONES

El método experimental propuesto, las fórmulas presentadas y las constantes deducidas, permiten sentar las bases para el diseño de equipos evaporativos para refrescamiento de espacios cerrados.-

REFERENCIAS

- (1) J.C.Marchioli, A.D. Fernández, L.A. Romero et-al Determinación de los parámetros higrótérmicos de superficies para refrescamiento - Actas de ASADES - Rosario 1994.-
- (2) Dr. Ing. Friedrich Kneule. El Secado - Ed. URMO S.A. De Ediciones.-
- (3) J.C. Marchioli, A.D. Fernández, L.A. Romero et-al Construcción, Calibración y Ensayo de un túnel de viento para estudiar el comportamiento de superficies para refrescamiento - Actas de ASADES - Mar del Plata 1996.-
- (4) José Manuel Pinazo Ojer - Manual de climatización Tomo I : Transformaciones Sicrométricas - Universidad Politécnica de Valencia.-

material	va	1ae	Tas	Twm	Hae	Has	Dmw.	Pvs.ae	Pvs.as	Pvs.w	Wae	Was	W	A	Wsw	In Dmw	In va	B	C	ant ln C	K
	[m/s]	[°C]	[°C]	[°C]	[%]	[%]	[Kg/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Kg/Kg as]	[Kg/Kg as]	[Kg/Kg as]	[m²]	[Kg/Kg as]						[Kg/(m.s)jm²]
Baldosa	0,00	16,6	15,3	15,3	50,8	61,1	00,0	1888,9	1738,3	1738,3	0,0059	0,0066	0,00627	0,72	0,0109	-11,5	-0,2	0,811	-11,287	0,000013	0,0044
de	0,80	15,1	14,3	14,3	57,7	62,5	10,0	1715,8	1608,5	1629,8	0,0061	0,0062	0,00619	0,72	0,0102	-11,0	0,3	0,811	-11,287	0,000013	0,0043
tabique	1,30	15,2	14,2	14,4	55,0	59,9	17,0	1727,1	1619,1	1604,5	0,0059	0,0060	0,00595	0,72	0,0100	-10,9	0,5	0,811	-11,287	0,000013	0,0038
	2,05	15,7	14,6	14,8	50,0	55,0	22,0	1783,5	1661,8	1683,2	0,0055	0,0057	0,00559	0,72	0,0105	-10,7	0,7	0,811	-11,287	0,000013	0,0035
	2,50	16,0	14,9	15,1	48,6	53,4	26,0	1817,3	1693,8	1715,8	0,0055	0,0056	0,00554	0,72	0,0107	-10,8	0,9	0,811	-11,287	0,000013	0,0034
																					0,0039
Baldosa	0,00	16,2	14,9	17,9	46,9	67,5	00,0	1841,9	1693,8	1949,3	0,0053	0,0071	0,00622	0,72	0,0122	-11,3	-0,2	0,650	-11,109	0,000015	0,0036
de	0,80	17,9	17,1	16,9	49,0	51,8	13,0	2050,2	1949,3	1924,8	0,0062	0,0063	0,00624	0,72	0,0120	-11,0	0,3	0,650	-11,109	0,000015	0,0034
ceramica	1,30	18,6	17,8	17,6	48,1	50,7	17,0	2142,8	2037,6	2012,4	0,0064	0,0064	0,00640	0,72	0,0128	-10,7	0,5	0,650	-11,109	0,000015	0,0032
	1,70	19,0	18,3	18,1	47,8	49,6	23,0	2196,2	2102,8	2076,1	0,0085	0,0065	0,00649	0,72	0,0130	-10,7	0,7	0,650	-11,109	0,000015	0,0031
	2,05	19,2	18,6	18,4	48,0	49,1	23,0	2224,4	2142,8	2116,2	0,0066	0,0065	0,00658	0,72	0,0133	-10,7	0,7	0,650	-11,109	0,000015	0,0030
	2,50	19,6	18,9	18,8	48,0	49,0	27,0	2280,7	2182,8	2169,5	0,0088	0,0066	0,00671	0,72	0,0136	-10,5	0,9	0,650	-11,109	0,000015	0,0033
Tela	0,00	17,5	16,4	16,6	54,9	62,5	00,0	1999,7	1865,1	1888,9	0,0068	0,0072	0,00703	0,72	0,0118	-10,5	-0,2	0,666	-10,480	0,000028	0,0086
arpillera	0,80	18,0	16,9	16,1	54,0	58,0	27,0	2062,8	1924,8	1829,2	0,0069	0,0069	0,00692	0,72	0,0114	-10,7	0,3	0,666	-10,480	0,000028	0,0085
	1,30	18,2	17,1	16,3	54,0	58,1	23,0	2089,5	1949,3	1853,1	0,0070	0,0070	0,00702	0,72	0,0116	-9,8	0,5	0,666	-10,480	0,000028	0,0081
	1,70	18,4	17,6	16,7	54,0	56,2	53,0	2116,2	2012,4	1900,9	0,0071	0,0070	0,00706	0,72	0,0119	-9,9	0,7	0,666	-10,480	0,000028	0,0079
	2,05	18,4	17,6	16,8	54,1	56,1	48,0	2116,2	2012,4	1912,8	0,0071	0,0070	0,00706	0,72	0,0120	-9,9	0,7	0,666	-10,480	0,000028	0,0080
	2,50	18,3	17,6	16,8	55,0	56,4	48,0	2102,8	2012,4	1912,8	0,0072	0,0070	0,00711	0,72	0,0120	-9,9	0,9	0,666	-10,480	0,000028	0,0082

Tabla N°1 - MAGNITUDES INTERVIENTES EN LOS CALCULOS

ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN TÉRMICA E HIDRODINÁMICA EN UN RECINTO CERRADO PRODUCIDA POR CONVECCIÓN NATURAL

Vilte María, De Paul Irene

Facultad de Ciencias Exactas - INENCO¹ - Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, (4400) Salta, Argentina -Teléfono: (087) 255389, Fax: (087) 255489

RESUMEN

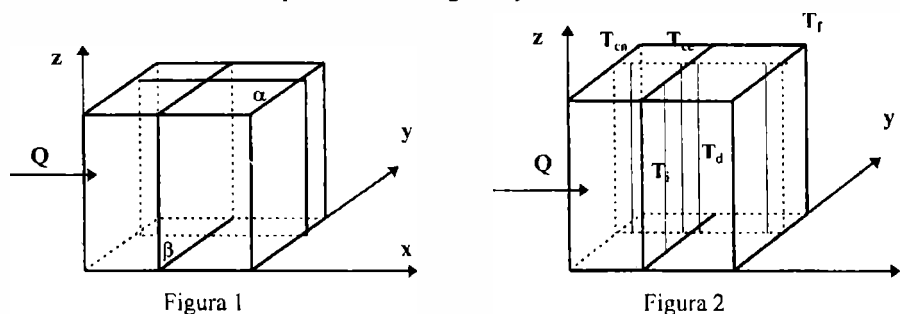
El presente trabajo constituye un primer intento, en la búsqueda de una correlación entre el aspecto térmico y el hidrodinámico, en convección natural en el interior de una cavidad. Esta propuesta pretende a través de mediciones térmicas interpretar el patrón de circulación en estos recintos.

INTRODUCCIÓN

Para una descripción más amplia y completa de los mecanismos de transferencia de energía en un recinto cerrado, por convección natural, es de vital importancia conseguir establecer una correlación entre el patrón de circulación y el perfil de temperaturas que se produce en el mismo local. En este marco las experiencias realizadas estuvieron dirigidas hacia dos propósitos, en primer lugar a la visualización y análisis del perfil de velocidades dentro una cavidad cerrada a través de las técnica de fotografía de trazas. En una segunda etapa se realizaron experiencias con el objeto de establecer la distribución de temperaturas dentro del mismo recinto.

Una vez obtenidos estos resultados, se trató de establecer en qué medida puede existir una correlación entre los parámetros térmicos e hidrodinámicos, que permitan interpretar y caracterizar el flujo a través del perfil de temperaturas, que en definitiva es el responsable del movimiento convectivo.

Se trabajó en un modelo construido en vidrio flotado de 10X10X10 cm³ de volumen. El calentamiento se efectúa a través de una de las paredes laterales tal como se esquematiza en la figura 1 y 2.



PATRÓN DE CIRCULACIÓN

Se observa y se analiza el movimiento de fluido en un plano de incidencia normal a la pared caliente y en un plano paralelo a la superficie que es calentada.

El sistema es calentado por un calefactor y la potencia entregada es de aproximadamente 35W. En estas condiciones los registros fotográficos muestran el perfil de trazas de la foto 1 y 2.

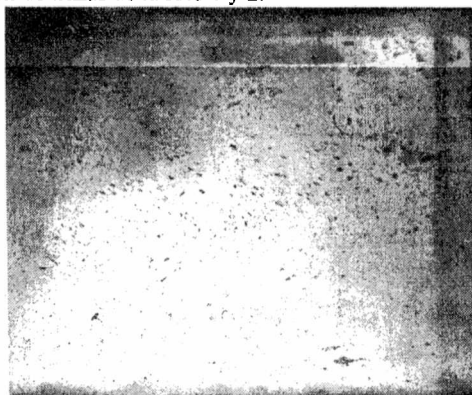


Foto 1. Perfil de trazas en el plano xz, a los 5° de iniciado el calentamiento del recinto.

¹ Instituto UNSa. - CONICET

El análisis de los registros nos permite afirmar que el movimiento es prácticamente bidimensional (en el plano xz), ya que los registros obtenidos en idénticas condiciones de calentamiento en el plano yz así lo revelan, con valores de velocidad casi despreciables, en la dirección del eje z. Ver foto 3.

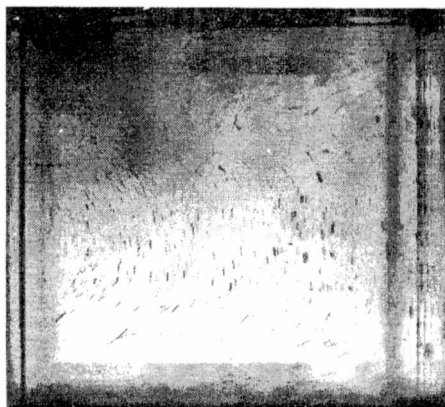


Foto 2. Perfil de trazas observado en el plano xz, a los 15' de iniciado el calentamiento del local.

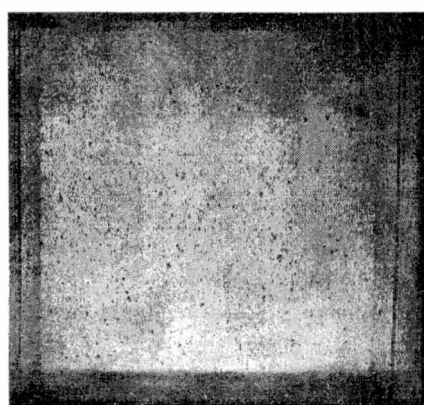


Foto 3. Perfil de trazas en el plano yz.

En el perfil de trazas en el plano xz, mostrado en las fotos 1 y 2 se observa que las partículas que ascienden por la pared caliente al llegar al techo son arrastradas hacia la pared fría por donde descenden. Este descenso es muy peculiar, ya que en un principio las partículas son arrastradas hacia la región central, hasta un cierto punto z_0 , a partir del cual se observa que son empujadas hacia la pared fría, produciéndose una inversión en la componente x de la velocidad. Los valores de velocidad en módulo oscilan en promedio entre 0.1 mm/s y 0.3 mm/s, valores que son relativamente pequeños, lo que requiere largos tiempos de exposición en las fotos tomadas. Estos valores se muestran en la tabla 1.

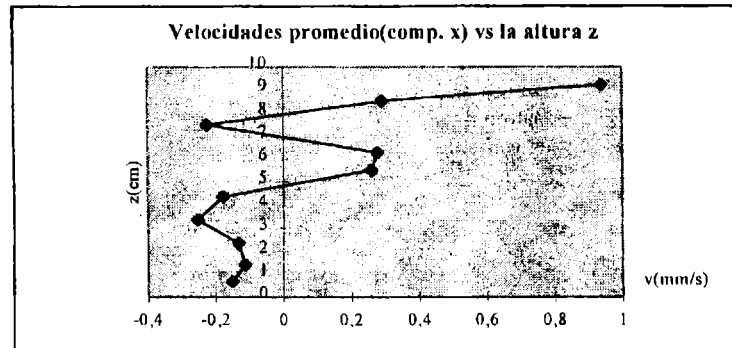
x(cm)	y(cm)	v(mm/s)	x(cm)	y(cm)	v(mm/s)
0.86	3.49	0.29	5.93	3.37	0.21
1.75	3.63	0.18	6.50	5.55	0.28
2.47	6.26	0.25	6.58	4.19	0.18
2.65	7.05	0.25	6.69	5.56	0.26
3.45	3.76	0.23	6.83	0.63	0.16
3.48	7.46	0.27	7.21	3.20	0.20
3.60	4.51	0.21	7.33	5.85	0.26
3.74	5.50	0.34	7.06	4.53	0.19
4.39	6.06	0.31	8.19	6.35	0.28
4.42	7.36	0.18	8.19	5.67	0.23
4.57	9.26	0.95	8.96	8.48	0.29
4.67	6.46	0.29	9.47	7.66	0.27
5.16	7.53	0.22	9.89	2.18	0.17

Tabla 1. Valores de velocidad en los puntos (x,y) del interior del recinto

x_i (cm)	v_x (mm/s)	y_i (cm)	v_y (mm/s)
0.86	0.29	0.67	0.15
1.38	0.16	1.42	0.11
2.51	0.21	2.38	0.13
3.54	0.26	3.40	0.25
4.49	0.29	4.39	0.18
5.43	0.21	5.53	0.26
6.13	0.29	6.29	0.28
7.25	0.27	7.49	0.22
8.54	0.19	8.52	0.29
9.68	0.22	9.23	0.94

Tabla 2. Valores de velocidad promedio, resultados de una discretización en intervalos en la dirección x.

Se realizó una discretización en intervalos de 1 cm en las direcciones x y z , y el cálculo de los valores medios de velocidad por regiones para estos valores teniendo en cuenta el sentido de las velocidades. Esto nos permite precisar la zona de inversión. Un perfil de velocidades más claro y definido se muestra en la gráfica 1. De la última gráfica y de la tabla 2 podemos decir que $5 < z_0 < 7$, donde z_0 es punto de inversión. En esta zona se registra el mayor número de partículas con velocidades próximas a 0.3 mm/s. La técnica utilizada no permite determinar el sentido de la velocidad, por lo que este dato está dado por la visualización del flujo, por parte del observador.



Gráfica 1. Perfil de velocidades en el plano xz.

PERFIL DE TEMPERATURAS

Una vez establecido el patrón de circulación a través del procesamiento de los registros fotográficos ya expuesto, se tratará de establecer una correlación entre este patrón y las medidas térmicas que se efectuaron en el mismo modelo y en condiciones semejantes. Para este propósito se efectuaron dichas mediciones en los dos planos perpendiculares (α y β) que pasan por el centro del modelo, para distintas alturas en z , en intervalos de 1 cm, como se muestra en la figura 2.

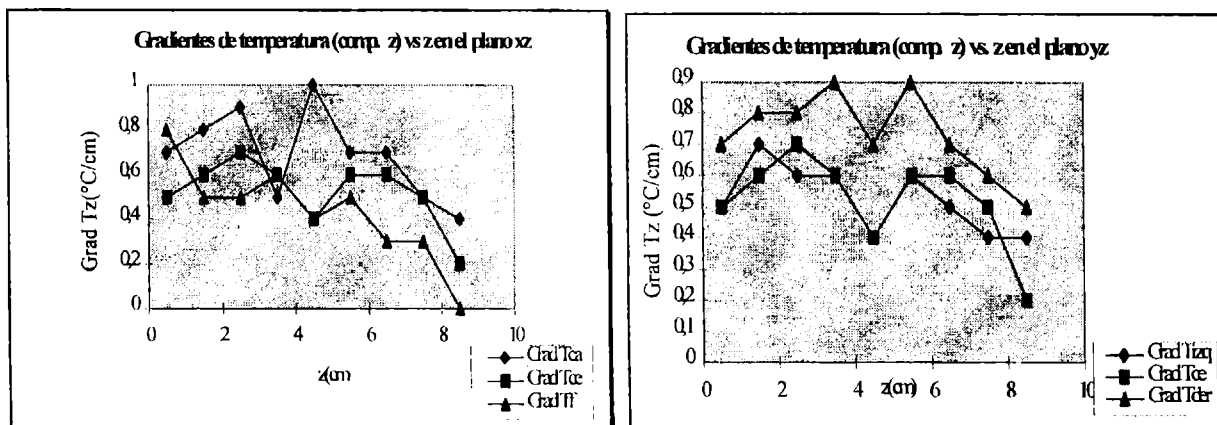
Así se obtuvieron valores de temperatura en la pared caliente (T_{ca}), en el centro (T_{ce}) y en la pared fría (T_f), también el plano perpendicular β a derecha (T_{dr}) e izquierda (T_{iz}) del centro, que se detallan en la tabla 3

altura z	T_{ca} (x=1cm)	T_{ce} (x=4 cm)	T_f (x=9 cm)	T_{der} (y=1cm)	T_{izq} (y=9cm)
0	20.6	19.3	18.4	19.2	17.9
1	21.3	19.8	19.2	19.9	18.4
2	22.1	20.4	19.7	20.7	19.1
3	23	21.1	20.2	21.5	19.7
4	23.5	21.7	20.8	22.4	20.3
5	24.5	22.1	21.2	23.1	20.7
6	25.2	22.7	21.7	24	21.3
7	25.9	23.3	22	24.7	21.8
8	26.4	23.8	22.3	25.3	22.2
9	26.8	24	22.3	25.8	22.6

Tabla 3. Valores de temperaturas medidos en el interior del recinto.

Con estos valores determinamos las componentes de los gradientes medios de temperatura en la dirección x , $G1(x_i) = \Delta T / \Delta x$, con z fijo y en la dirección z , $G2(z_i) = \Delta T / \Delta z$, con x fijo, también se trabajó con las componentes (y , z) del gradiente en el plano perpendicular yz .

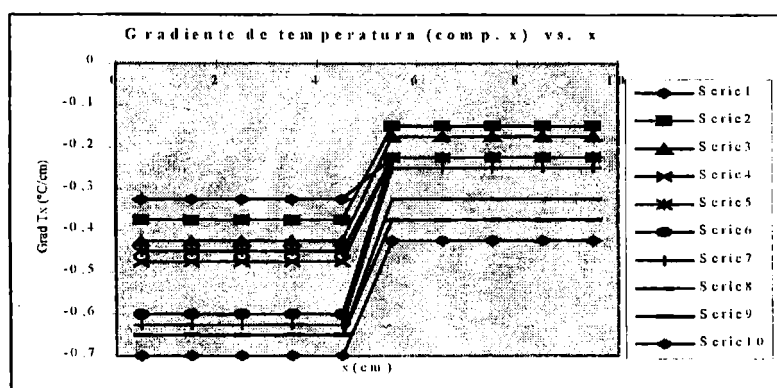
En las gráficas 2 y 3 se esquematizan las componentes z de los gradientes de temperatura en función de la temperatura en la pared caliente, región central y pared fría en el plano xz , y también en el plano perpendicular.



Gráfica 2 : Gradientes de temperatura ($G2(z_i)$) en el plano xz. Gráfica 3: Gradientes de temperatura ($G2(z_i)$) en el plano yz.

Analizando en la gráfica 2, los valores obtenidos cerca de la pared caliente, observamos que en principio, estos valores crecen en forma uniforme, el líquido se calienta a medida que se desprende del piso y se pone en contacto con la pared caliente. Luego súbitamente el valor del gradiente alcanza un mínimo, lo que nos dice que existe una zona isoterma de estancamiento en $3 < z < 5$, que se puede visualizar en las fotos, en donde se forma un vórtice que mezcla agua de los alrededores. La disminución de la componente del gradiente en el techo, se debe a la estratificación del flujo en esa zona, donde sólo se produce mezcla de líquido con temperaturas muy próximas. La componente z del gradiente en la región central en principio se comporta de manera similar al de la pared caliente, sólo que la zona de estancamiento parece levemente desplazada hacia arriba. En la pared fría se observan variaciones en los valores del gradiente que sugieren un análisis futuro más exhaustivo de la distribución de velocidades en las regiones cercanas a la pared, para poder interpretar estos valores.

La componente z del gradiente en función de la altura en el plano yz revelan mayor movimiento en la región central, que se atenúa hacia los bordes, lo que coincide con el patrón de circulación de la foto 3. Observando los valores de temperatura en este plano deducimos que existen dos gradientes verticales uno más intenso que el otro que gobiernan el flujo. Del mismo modo si tenemos en cuenta la componente x del gradiente de temperatura en el plano xz (solamente se pueden determinar valores medios, uno para la región $0 \leq x < 5$, y otro para $5 \leq x \leq 10$) para las diferentes alturas ($z=0.5, \dots, 9.5$) obtenemos la gráfica 4 (la serie 1 corresponde a $z=0.5$, la serie 2 a $z=1.5$ y así hasta la serie 10 que corresponde $z=9.5$).



Gráfica 4.

Gradientes de temperatura ($G1(x)$) en el plano xz

De la gráfica 4 se observa que para valores pequeños en la dirección x y z, tenemos componentes del gradiente pequeñas, lo que nos dice que los valores de velocidad son muy homogéneos cerca del piso, como efectivamente se visualiza en los registros fotográficos. A medida que crecen los valores de z, la pared caliente arrastra más líquido, lo que implica variaciones grandes de velocidad, hasta que para $z=4.5$ donde se forma un vórtice, los valores disminuyen lo que implica que la componente x de la velocidad cambia muy poco, es casi nula. Por arriba del vórtice tenemos grandes valores del gradiente. Para $z=7.5$ y $z=8.5$ hay una estratificación del flujo, se mantiene un gradiente constante, lo que implica mezcla de líquido solo a lo largo de la dirección x. Para regiones $x > 5$ y valores pequeños de z tenemos valores bajos de la componente x del gradiente, lo que significa que solo hay mezcla de agua fría (extremo inferior derecho). Luego hay una región de variación uniforme de la componente x de la velocidad, donde el gradiente se mantiene constante para diferentes alturas, $3 < z < 5$ por lo que las diferencias de temperatura entre la región central y la pared fría son semejantes. Mas arriba vemos que la estratificación que se observaba en la primera región se ve disminuida, ya que se consiguen separar dos líneas de igual gradiente de temperatura. Para valores grandes de z en esta región, la componente del gradiente es muy grande ya que las pérdidas convectivas y conductivas hacia el techo son importantes (en el extremo superior derecho).

CONCLUSIONES

- Aparentemente las medidas térmicas permiten inferir componentes del gradiente en la dirección x y z que coinciden con la circulación observada en el plano xz, lo mismo en el plano yz.
- Del análisis realizado surge la necesidad de realizar un examen más preciso y detallado de las mediciones de temperatura en la dirección x (mayor continuidad y simultaneidad), para detectar las zonas de inversión de la componente x de la velocidad del perfil planteado.
- Se debe plantear un mejoramiento en las técnicas para determinar el perfil de velocidades y de temperaturas en las zonas cercanas a las paredes y al techo del recinto, donde se producen fenómenos importantes relativos a la transferencia de energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Paul I., Vilte M., Lesino G. "Modelo de circulación de aire en locales cerrados". *Actas de la 16ava. Reunión de ASADES, 7mo. Congreso ALES*. La Plata, 1993.
- Balcomb, J. D. "Heat distribution by natural convection". *Actas Intersol 95*.
- De Paul I., Vilte M. "Convección natural entre dos locales: determinación del perfil de velocidades en una puerta por fotografía de trazas". *Actas de la 17ava Reunión de ASADES*. Rosario, 1994.

ESTUDIO DE TUBOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

B. Bucki Wasserman y E. M. Braganza
Universidad Tecnológica Nacional - Unidad Académica Confluencia
J.M. de Rosas y J. Soufal - 8318 Plaza Huincul - FAX : 099-63292 - E-mail: bucki@rioncgo.com.ar

RESUMEN

Optimizar el modelado matemático de un sistema de tubos de transferencia de calor, para simular y verificar los resultados a obtener con diferentes materiales, fluidos y condiciones de temperatura, a fin de ser aplicados los mismos a la construcción futura de equipamientos de calefacción para invernáculos en la zona de influencia de la Unidad Académica donde se desarrolla el presente trabajo. - Primera parte -

INTRODUCCION

Basados en los primeros trabajos realizados por Guagler, R.S. (1) en 1942 y en la plena convicción y experiencia de que en la transferencia de calor por medio de tubos de transferencia de calor, radica un sistema potencial de calefacción y refrigeración -Dunn, P. y Reay, D.A. (2)- de bajo costo, alta eficiencia y con un factor de contaminación ambiental prácticamente nulo, es que se ha comenzado con la investigación de las variables de diseño para su aplicación.

Esta primera parte abarca la simulación de diferentes condiciones de diseño y sus resultados, indicados a través de los gráficos que se presentan a continuación. En ellos podemos observar en cada caso la variación de la cantidad de fluido, Asselman, G.A.A. y Green, D.B. (3), los límites transporte de calor : sónico, por trabajo y por ebullición; variaciones de las resistencias térmicas de evaporador , condensador y total; y datos que resultan de cálculos intermedios tales como diámetro de espacio ocupado por fase vapor, Freggens, R.A. (4), área de la sección transversal de la fase vapor, temperatura promedio de la fase vapor, número de Reynolds y número de Mach proyectados, coeficiente de fricción del líquido y del vapor, presión hidrostática normal y axial , presión máxima de bombeo efectiva, factor de transporte de calor por capilaridad, conductividad térmica efectiva de la malla, relación de la presión capilar/hidrostática.

MATERIALES , METODOS Y DESCRIPCION DEL SISTEMA

A través del modelo matemático desarrollado en el Brace Research Institute, McGill University, Quebec, Canadá e iniciado los trabajos experimentales del mismo, se decide seguir el siguiente esquema de etapas de trabajo:

Ejecutar el modelo matemático con tantas variables como sean posible para comprobar sus resultados. (6 meses).

Fabricar alternativamente tubos de transferencia de calor para la verificación de los resultados obtenidos.(2 años)

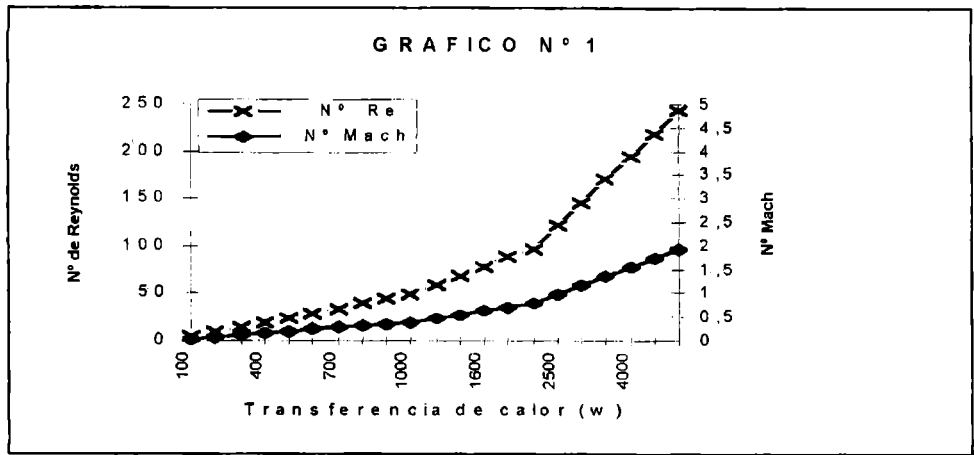
Resultados y conclusiones.

El tubo de transferencia de calor es muy similar en su diseño primario a un sistema termosifón, con la diferencia que las capas internas de fina malla metálica, en nuestro caso de cobre, están arrollados concéntricamente y fijas en el interior del tubo, obligando de esta manera retornar el condensado al evaporador mediante la acción de fuerzas debidas a la capilaridad; esto independiza al tubo de transferencia de calor de su posición relativa.

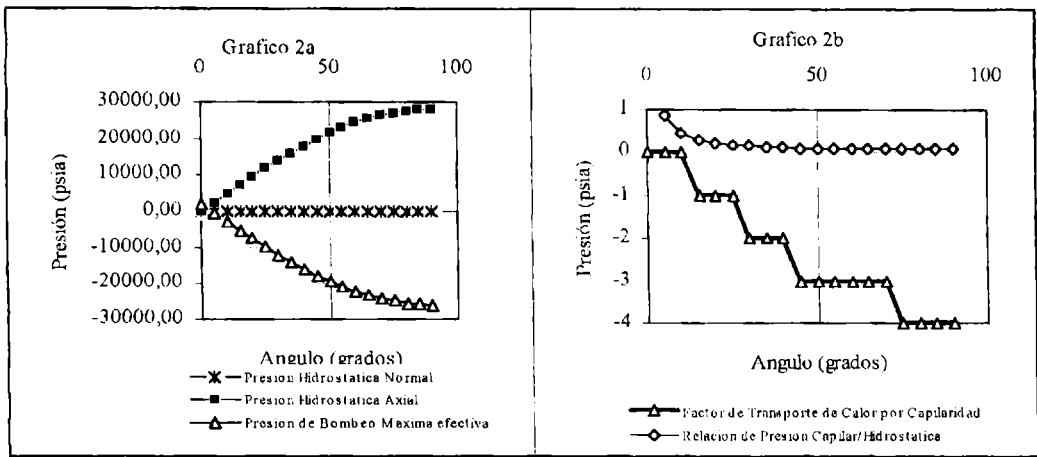
RESULTADOS

El primer gráfico que presentamos como resultado de nuestro modelo, analizamos la variación de dos variables adimensionales como el número de Reynolds y el de Mach, gráfico N° 1. Observando el presente gráfico podemos ver que ambas curvas, que tienen la misma tendencia y prácticamente la misma pendiente en todos sus puntos, difieren únicamente debido al cambio de escalas para una y otra.

Para poder visualizar mejor las diferentes curvas obtenidas se han separado las mismas, por un lado las variaciones de presión hidrostática normal y axial, y la presión de bombeo máxima efectiva en el gráfico 2a; mientras que en el gráfico 2b vemos las variaciones de la relación de presión capilar / hidrostática y la del factor de transporte por capilaridad (afectado por la fuerza de gravedad). En el primero de los gráficos podemos observar que mientras la presión hidrostática normal se mantiene prácticamente constante entre 0° y 90°, no sucede así con la presión hidrostática axial, la cual crece siguiendo una función del tipo parabólica. En el gráfico 2b solamente se han incluido las variaciones que sufre la relación presión capilar / hidrostática cuya traza responde igualmente a una rama de la función parabólica tendiendo al valor de presión cero; mientras que el factor de transporte de calor por capilaridad decrece en forma escalonada a medida que los tubos toman la posición vertical. Esto nos permite en conjunto con las demás variables que analizamos diseñar el ángulo de posicionamiento de los tubos para un mejor aprovechamiento del sistema y la fuente de calor - solar -

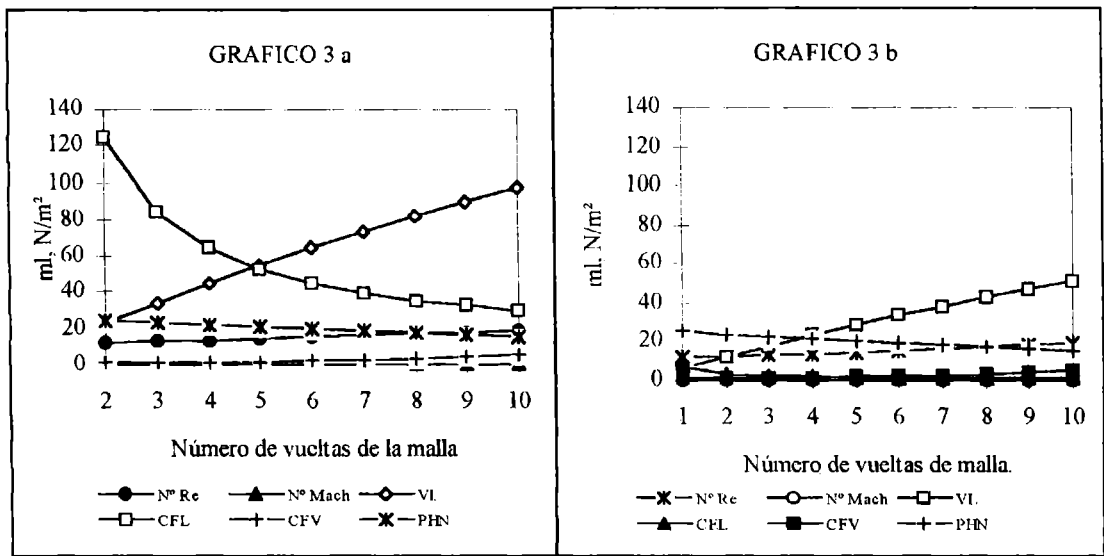


Variación del N° de Reynolds del N° de Mach en función de la variación de transferencia de calor



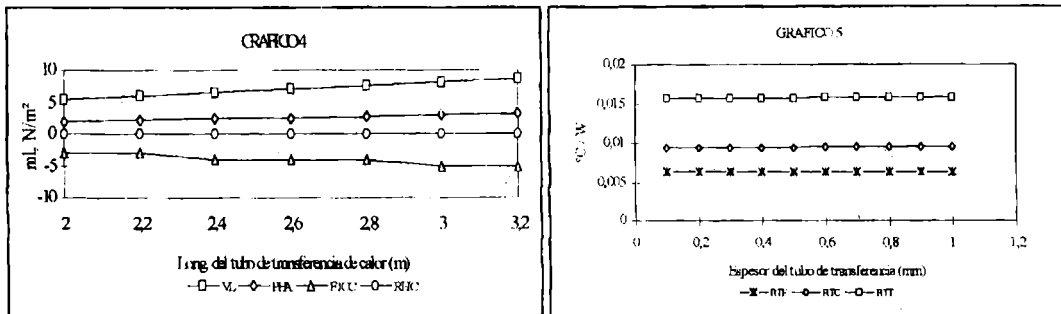
Variación de las presiones en función del ángulo de inclinación de los tubos

Como se puede observar comparando los mismos valores en ambos gráficos 3a y 3b las curvas que representan como cada una de las variables analizadas para diferentes tipos de mallas de alambre de cobre arrolladas sobre si mismas y fijadas en el interior de los tubos de transferencia son similares en sus tendencias, viéndose solamente reducidos en su valor absoluto aquellos que corresponden al gráfico 3b debido al número de hilos por unidad de superficie (mesh).



Análisis de variables en función del número de Mesh de la malla arrollada corresp. a 100 y 200 Mesh

Se puede observar en este gráfico que los parámetros analizados varían en forma similar a lo visto en los gráficos 2 y 3 (a y b) inclusive la forma escalonada del factor de transporte de calor por capilaridad en consecuencia, mientras el volumen de líquido aumenta linealmente con la longitud del tubo de transferencia, la presión hidrostática axial sufre el mismo tipo de incremento, pero su pendiente es menor no así el factor de transporte de calor por capilaridad.

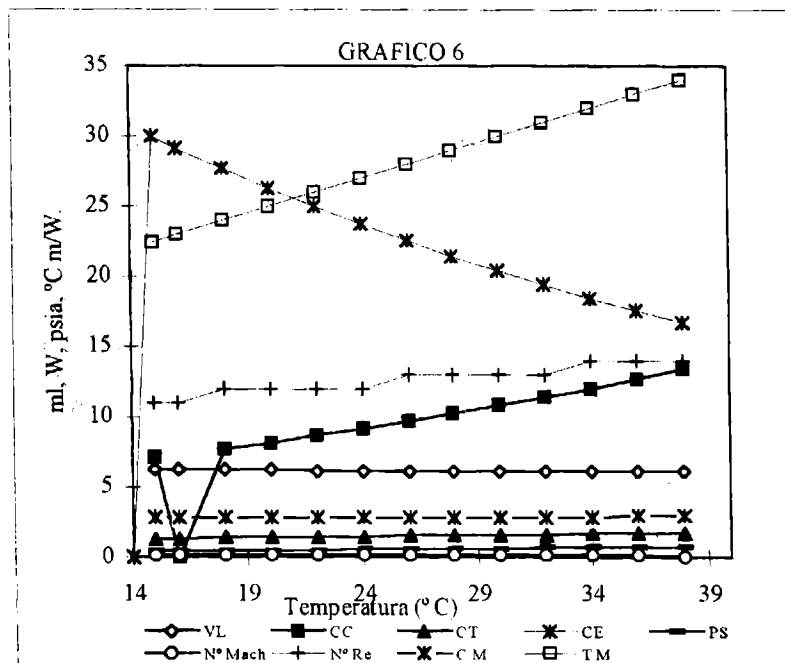


Análisis de parámetros en función de la longitud del tubo de transferencia de calor

Variación de las resistencias térmicas en función del espesor del tubo de transferencia

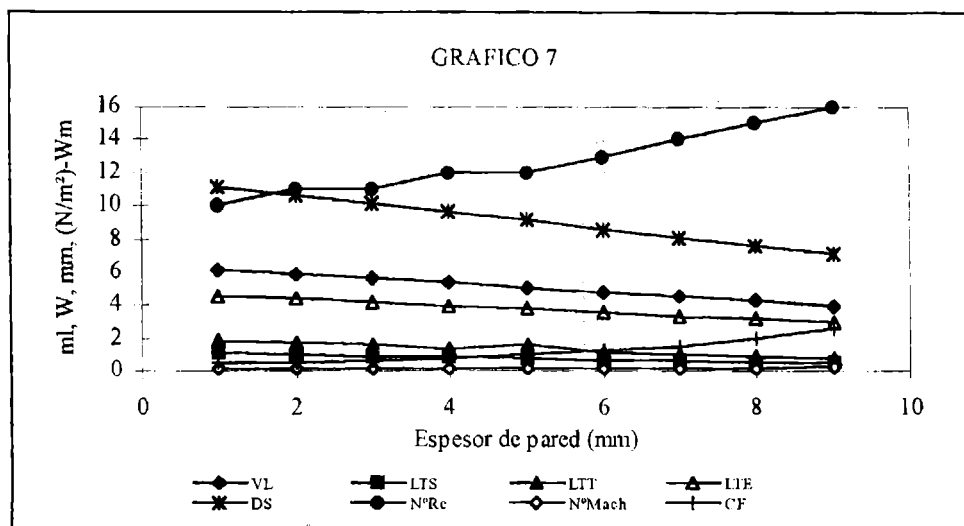
Podemos observar en el gráfico 5 que las diferentes resistencias térmicas del evaporador, condensador y total, prácticamente no se ven afectadas por la variación del espesor del tubo de transferencia de calor, ya que la incidencia recién se hace notar en la cuarta decimal de un valor menor que cero, por consiguiente esto nos permitirá efectuar el diseño y construcción con materiales del tipo standard o por lo menos fácilmente obtenibles.

Se hace muy importante para el diseño final del sistema de calefacción por tubos de transporte de calor propuesto, los resultados que se observan en el presente gráfico, en especial en los que atañe a la temperatura promedio de la zona de vapor, como así también los tres límites de transporte que se estudian mediante el modelo matemático y cuyo comportamiento coincide con valores ya predichos por otros autores como así también concuerdan con las variaciones observadas y analizadas en los gráficos arriba expuestos.



Análisis de variables en función de de la variación de la temperatura en el evaporador

En el gráfico N° 7 podemos observar como se comportan las diferentes variables de diseño en función de la variación del diámetro del tubo de transferencia de calor, manteniéndose este siempre del mismo material, con un espesor constante de pared. Podemos observar que el N° de Reynolds aumenta en forma pronunciada no sucediendo lo mismo con el de Mach, ambas variables adimensionales de diseño, mientras que también el diámetro del espacio ocupado por el vapor generado disminuye. Las demás variables siguen comportándose de la misma manera que lo vienen haciendo en las anteriores evaluaciones matemáticas.



Análisis de variables en función de la variación del diámetro interior de los tubos manteniendo espesor constante

CONCLUSIONES

Esta primera faz de nuestro estudio nos permite encarar el diseño de un sistema de tubos de transferencia de calor, con un criterio basado en cuales serán las propiedades que deberán ser tenidas en cuenta para ello y cual es la mayor influencia que presentan ellas en la eficiencia de los mismos.

Para el diseño se prestará especial atención en los siguientes factores :

Capacidad de líquido en los tubos.

Longitud y pulido interior de los mismos a fin de optimizar el N° de Reynolds y de Mach.

Utilización de una cantidad adecuada de arrollamientos de malla de cobre independizándonos del N° de Mesh.

Inclinación de los tubos como así también su longitud total como así también las de la zona de evaporación y condensación . De todas maneras esta primera faz del estudio no ha incluido el análisis con diferentes líquidos. hecho este que se comenzará a efectuar antes de la elección del líquido óptimo para los ensayos definitivos.

REFERENCIAS DE LOS GRAFICOS

VL : Volumen de líquido en el tubo (ml)	LTS : Limite de transporte sónico x 10 E 3 (W)
DS: Diámetro espacio vapor (mm)	LTT: Limite de transporte por trabajo x 10 E 3 (W)
N° Re: Número de Reynolds (adim)	LTE: Limite de transporte por ebullición x 10 E 5 (W)
N° Mach: Número de Mach (adim)	CF : Conductividad térmica efectiva de malla (°C m /W)
PHN: Presión hidrostática normal (N/m ²)	CFL: Coeficiente de fricción del Líquido (N/m ²) / (W-m)
PHA: Presión hidrostática axial (N/m ²)	CFV: Coeficiente de fricción del vapor (N/m ²) / (W-m)
FTCC: Factor de transporte de calor por capilaridad	RHC : Relación de presión capilar / presión hidrostática
RTE : Resistencia térmica del evaporador (°C/W)	RTC : Resistencia térmica del condensador (°C/W)
RTT : Resistencia térmica total (°C / W)	PSV : Presión de saturación del vapor (psia)
CC : Capacidad calorífica (W)	CT : Limite de trãns. calor p/trabajo (W)
CM : Conductividad térmica de la malla (°C m /W)	CE : Limite de transp. calor p/ebullición (W)

BIBLIOGRAFIA:

- (1) Gaugler, R.S. U.S.Patent Applic. Dec. 12.1942 U.S.Pat. n° 2350348 June 6, 1944
- (2) Dunn, P. y Reay, D.A. Heat pipes - Pergamon Press Ins. New York - U.S.A. - 1976
- (3) Asselman, G.A. and Green, D.B. The heat pipe - An applied tecnology. Phillips Tech. Reiew 1972
- (4) Freggens, R.A. -Experimental determination of wick properties for heat pipes - 4th I.E.C.E.C

TECNICAS DE SIMULACION NO CONVENCIONALES VIDEO FUERA DEL ESPECTRO VISIBLE

A. Scaliter , P. Genta
FADU-CIHE Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón III, Capital Federal
e-mail: ariel@xiden.com.ar / e-mail: pgenta@aleph.fi.uba.ar
T.E: (01)778-3535

RESUMEN

En el estudio de sombras proyectadas en maquetas a escala y en base a experiencias realizadas en el CIHE(Centro de Investigación Hábitat y Energía) de FADU, se ha verificado la utilidad del uso de video-cámaras miniatura como observador en el proceso de simulación con fuentes lumínicas artificiales, o bien con luz natural. Debido a que dichas simulaciones requieren del acondicionamiento de la iluminación del recinto donde se realiza la experiencia, para eliminar o atenuar perturbaciones como fuentes de luz no deseadas, reflejos, etc., y por tratarse de fenómenos que perturban en el espectro de luz visible, en el presente trabajo se explicaran las técnicas utilizadas en registro de imágenes mediante video-cámaras de tipo CCD(coupling charge device) estándar y recurriendo a fuentes de luz infrarroja.

INTRODUCCION

En el estudio de sombras sobre maquetas con fuentes de luz natural o artificial habitualmente en el ámbito educacional el docente se ve en la necesidad de incorporar material didáctico que le permita evidenciar los fenómenos que intervienen, a una audiencia relativamente numcrosa y en las condiciones que le permita el recinto de estudio.

Para ello puede hacer uso de documentación gráfica, maquetas, o si el proyecto fue concebido en software hacer uso de programas de simulación.

La información a procesar en una simulación por software para una cantidad suficiente de sombras proyectadas, y para distintos ángulos de incidencia de la fuente de luz, puede verse incrementada considerablemente. Lo mismo ocurre con la información gráfica requerida sometida a estudio.

La técnica de simulación sobre maquetas para diversos ambientes de estudio y condiciones de iluminación, incorporando las herramientas de registro de imágenes que ofrece la tecnología de video actual, permite simulaciones a bajo costo y fácil implementación, pudiendo también obtenerse imágenes impresas de los resultados de la simulación o una cinta de video para su posterior análisis.

MEDIOS DE SIMULACION

Si se cuenta con un diseño en software de un proyecto, utilizando un software comercial de simulación, el tiempo utilizado para cada corrida del programa previo ajuste de parámetros aumenta, al aumentar la complejidad del diseño y de los resultados que se desean obtener.

La dinámica del proceso de simulación en software entre el operador y la maquina se ve interrumpida si los intervalos de tiempo entre simulaciones son largos.

La interpretación de los resultados arrojados por el soft a menudo no son directas para algún operador no experto en el manejo del mismo.

La calidad de las imágenes obtenidas puede no resultar satisfactoria para su posterior análisis.

El costo en equipos y en el mismo software aumenta a medida que se exigen resolución y calidad de imágenes superiores.

VIDEO COMO HERRAMIENTA DE SIMULACION

En una video-simulación pueden distinguirse tres elementos constitutivos: el observador, el objeto de análisis y la fuente de luz.

La interacción del observador con el experimento debe ser tal que su perturbación resulte despreciable, para lo cual la tecnología de video cuenta con sensores de imagen tipo CCD(coupling charge device) en cámaras estándar comercialmente de tamaños entre 4 mm² y 100 mm².

El sensor proporciona dos vías de conexión : una ocupada por la alimentación del mismo, y otra para la señal de video que entrega. Aprovechando estas dimensiones y disponiendo en un lugar conveniente al nuevo observador pueden obtenerse tomas de los distintos objetos a analizar. La imagen obtenida en los terminales del sensor será capturada por la entrada de video de un aparato de TV. convencional.

Siendo el ámbito del experimento un recinto con iluminación artificial o natural, se deberían disponer las condiciones necesarias con respecto a la fuente de luz que interviene en el experimento, de forma de independizarlo de perturbaciones. Si por características inherentes a la fuente y al sensor, las condiciones de iluminación del recinto no perturbaran al experimento o su intervención fuera mínima, se estaría en condiciones de realizarlo con éxito.

Para resolver este problema se dispone comercialmente de fuentes de luz que irradian fuera del espectro visible y el sensor(CCD) por características inherentes a su tecnología de fabricación responde a esa longitud de onda.

La fuente de luz utilizada en el experimento por disponibilidad en el mercado es un reflector de array de leds infrarrojos que irradian en el infrarrojo cercano. Al incidir esta sobre la maqueta provoca en el plano el mismo efecto de sombra que puede percibir el ojo humano con una fuente de luz visible, solo que este ultimo no podrá distinguirlo en el experimento, por lo que se usara un sensor como el mencionado.

La imagen capturada por el CCD se ve luego en el aparato de TV convencional, ya que la misma impresiona al sensor idénticamente como lo haría con luz visible.

Diagrama en Bloques y conexionado del sistema

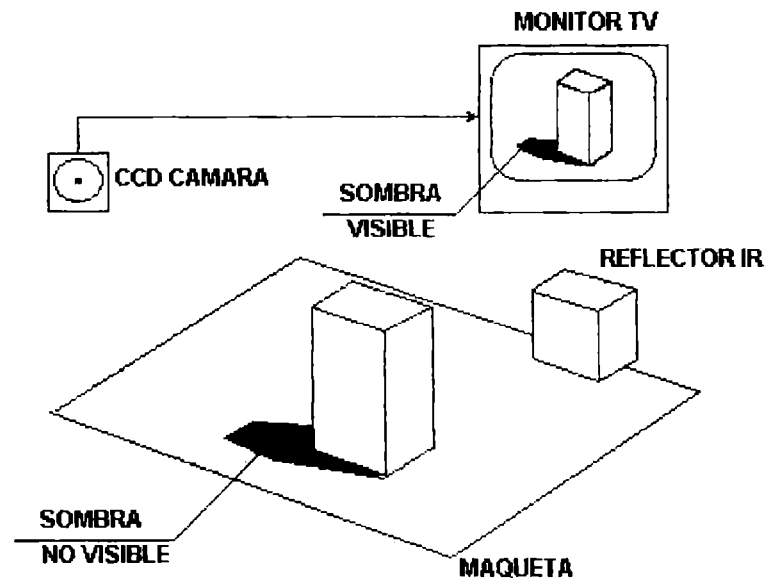


Fig 1

Elementos componentes del sistema

- Cámara de televisión de 1 CCD blanco y negro con lente pinhole
- Monitor o televisor con entrada de video blanco y negro
- Reflector ó lámpara infrarroja de leds
- Cables de interconexión

Iluminador infrarrojo

Tres tipos de luz deben ser considerados cuando trabajamos con cámaras CCD: Luz visible(VL), Luz ultravioleta(UV) y luz infrarroja (IR).

Las tres influyen sobre la imagen que se verá finalmente en pantalla. Se considerara como luz infrarroja aquella que se encuentra fuera del espectro visible(por encima de los 750nm).

El wattage se refiere a la cantidad de potencia que una lámpara consumirá para producir una determinada cantidad de luz. Con la luz visible la relación es sencilla y familiar. La luz infrarroja , en cambio, produce aproximadamente 3 veces mas de luz utilizable que el bulbo standard del mismo wattage.

color	longitud de onda(nm)
Infrarrojo	1100-superior
Infrarrojo Cercano	750-1100
Rojo	700-750
Naranja	650-700
Amarillo	600-650
Verde	550-600
Azul	500-550
Indigo	450-500
Violcta	400-450

Tabla 1

Monitor de video ó televisor

Para el presente sistema puede utilizarse cualquier monitor ó televisor con entrada de video compuesto. Es aconsejable que el mismo tenga controles de brillo y contraste de forma tal de lograr distintos efectos en el transcurso de la simulación.

Cámara de 1 CCD con lente pinhole

La teoría de operación de un chip de imagen CCD, en forma resumida, es la siguiente:
Los fotones impactan sobre la superficie exterior del CCD chip, el cual está dividido en elementos individuales.

Cada elemento muestrea la luz en ese punto y convierte la luz en carga, la cual es luego leída por el circuito de la cámara. La superficie del CCD chip representa una matriz de elementos individuales, los cuales definen la capacidad de resolución espacial de la cámara.

Las curvas características de respuesta espectral de las cámaras blanco y negro de CCD, indican la posibilidad de utilizar fuentes de excitación superiores a los 750 nm si anulamos el filtro de IR.

Cámara a utilizar

La cámara utilizada para el presente trabajo es una cámara CCD miniatura,(1/4 pulgadas,240 K pixeles), marca WATEC , modelo WAT660.37, origen Japón. Las principales características son su tamaño reducido(29mm x 29mm x 13mm), lo que permite un mejor movimiento dentro de la maqueta, el lente pinhole de 3,7mm gran angular ,con foco a los 25mm , permitiendo tomas de gran amplitud a cortas distancias y por último el iris electrónico automático(1/60 - 1/10000) lo cual posibilita una respuesta rápida y automática a las variaciones de luz.

CONCLUSIONES

Las técnicas de video han sido llevadas a cabo por anos en la ciencia expcrimental en distintos grados de rigor científico. El costo de las mismas es variado aun en la actualidad, asi como la gama de variantes aptas para los mismos.

La disponibilidad de equipos confiables, robustos y de alta resolución en imagen posibilitan el desarrollo de nuevas aplicaciones en distintas áreas de investigación experimental y en educación. Es por ello que las características de la video simulación resultan

atractivas para el desarrollo como los del presente estudio y sus ventajas comparativas respecto a las técnicas actualmente utilizadas se ven incrementadas.

Entre ellas se pueden considerar:

- facilidad de análisis para distintos observadores y objetos diversos
- capacidad de simultaneidad para observadores en distintas ubicaciones
- posibilidad de registro del experimento
- alta calidad de imagen y resolución
- capacidad de modificación de la simulación en tiempo real
- posibilidad de captura de imagen para su posterior análisis por otros métodos
- interpretación de los resultados en forma inmediata
- sensación de realidad de imagen
- no existe tiempo de proceso previo a la simulación
- simulación dinámica

REFERENCIAS

- Evans J. M. - Schiller s. (1997). 'Design For Low Angle Sun Light In High Latitudes , Techniques To Analyse And Improve Visual Comfort', en Actas de la Conferencia Internacional de 'North Sun 97' Energía Solar en Altas Latitudes, pag 813-819, Helsinki, Finlandia Junio 1997.
- Hitachi Denshi ,(1996). 'Hitachi Annual Report Ccd Camera, Digital Series,1996'.

**EL VIENTO EN LOS EDIFICIOS.
CONCLUSIONES FINALES.**

Jorge Luis Guerrero y Claudia Rita Moreno.
C.E.V.Eq.U. Depto. de Construcciones - Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Comahue
Buenos Aires 1400 - (8300) Neuquén
Telefax: 099-490356 - E-mail cevequ@uncoma.edu.ar

RESUMEN.

Se transcriben en este trabajo los resultados experimentales de un proyecto de investigación que duró varios años en su ejecución. Se muestra así el valor que adquiere la capa límite superficial de los edificios en función del viento reinante y así poder actualizar los sistemas de evaluación considerados en el presente. Resulta notoria la discrepancia con comportamientos descriptos anteriormente y sus valores.

INTRODUCCIÓN.

En la envolvente edilicia, la transferencia de calor por convección es un fenómeno exclusivamente superficial, es decir, que la parte del sector de envolvente comprendida entre las superficies interiores y exteriores no interviene en el proceso. Luego, se tendrán dos calores transferidos por convección en la capa límite de aire que rodea a los cuerpos de una envolvente edilicia; uno en la superficie interior y otro en la exterior.

ANÁLISIS DE LOS VÍNCULOS.

Teniendo presente las relaciones adimensionales en uso:

$$Nu = \alpha l / \lambda_f \quad y \quad Re = lv / \gamma$$

Si Nu y Re permanecen constantes, detalle que se cuida en la experimentación, resulta que la conductividad de la capa límite en la realidad α_r responderá a la siguiente expresión:

$$\alpha_r l_r / \lambda_f = Nu = \alpha l / \lambda_f \quad , \text{ o lo que es lo mismo } \alpha_r = \alpha l / l_r$$

dado que no cambia la conductividad térmica del aire entre el experimento y la situación real.

La longitud en la realidad l_r , tomada en sentido horizontal, estaría dada por la siguiente expresión:

$$l_r v_r / \gamma = Re = lv / \gamma, \text{ o lo que es lo mismo } l_r = lv / v_r$$

dado que no cambia la viscosidad cinemática del aire entre el experimento y la situación real.

Uniendo ambas expresiones se tiene que $\alpha_r = \alpha v_r / v$, o bien la resistencia de la capa límite resulta $R_r = v.R / v_r$, observándose que no depende de la longitud característica ni de la muestra ni de la superficie real.

MEDICIONES.

En las mediciones se tuvo especial cuidado de que el sistema mantuviera su estabilidad, además de conservar las propiedades del flujo de aire. No obstante, si bien las mediciones fueron más de 600 tan sólo menos de 400 no arrojan algún inconveniente o duda. El tiempo empleado en las mismas fue grande así como el empleado en la elaboración de datos.

INCERTEZA FINAL DE CADA MEDICIÓN.

La incertidumbre en los datos de medición en general fue de $0,005 \text{ m}^2\text{C/W}$, sólo en 11 casos se superó este valor siendo la máxima de $0,009 \text{ m}^2\text{C/W}$. La expresión usada para hallarla en cada medición es la siguiente:

Recordando que las incertezas de los parámetros medidos es :

$$\Delta L=0.00005 \text{ m}; \Delta T=0.05 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta I=0.00005 \text{ A}; \Delta V=0.005 \text{ V y } \Delta V=0.005 \text{ m/s}$$

y que la expresión general de la resistencia de la capa límite es:

$$R = \pi \cdot L^2 \cdot (T_p - T_a) / 4 \cdot V \cdot I$$

Resulta que la incerteza de la resistencia.

$$\Delta R = (\Delta N \cdot V \cdot I + \Delta D \cdot S \cdot (T_p - T_a)) / (V \cdot I)^2$$

y la incerteza total de la medición.

$$\Delta = \Delta V + \Delta R$$

FUNCIÓN DE APROXIMACIÓN.

A los puntos medidos se los aproximó con una función. Visto el aspecto que presenta la distribución de la resistencia con la velocidad del viento, la función que aparentemente más los aproxima es una exponencial del tipo:

$$R = A \cdot e^{-B \cdot V}$$

donde en función de los valores medidos al origen:

$$A = 0,079 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

y en función de los valores medidos para velocidades del viento del orden de 7 m/s :

$$B = (\ln 0.079 - \ln 0.0001) / 7 \approx 1 \text{ s/m.}$$

de esta manera quedó configurada la función de aproximación:

$$R = 0,079 e^{-V} \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

la correlación lineal de los resultados de esta función con el valor de los puntos medidos, para las mismas velocidades del viento, resulta muy buena:

$$r = 0,9$$

aunque sus valores resultan un poco superiores a los medidos

Consecuentemente se dividió la función por la pendiente de la recta, conservándose la alta correlación. Así resultó la función:

$$R = 0,076 e^{-V} \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

No obstante en esta nueva recta de regresión el origen no posee cero como ordenada, esto hace necesario una segunda corrección que simplemente es restar la ordenada al origen de la recta. Resulta así la versión final de la función de aproximación cuya recta de regresión entre sus resultados y los datos medidos tiene una pendiente igual a uno y un origen en cero de ambas coordenadas. La función es:

$$R = 0,076 \cdot e^{-V} + 0.001 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Por otra parte se ha observado que la resistencia de la capa límite no guarda dependencia alguna con la dirección en que el viento incide, incluso a muy bajas velocidades, y sólo es sensible a la pendiente de la superficie cuando la esta velocidad es nula. En este último caso los resultados se pueden aproximar con la siguiente función.

$$R_0 = 0.077 + 0.01 \cdot \cos s \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

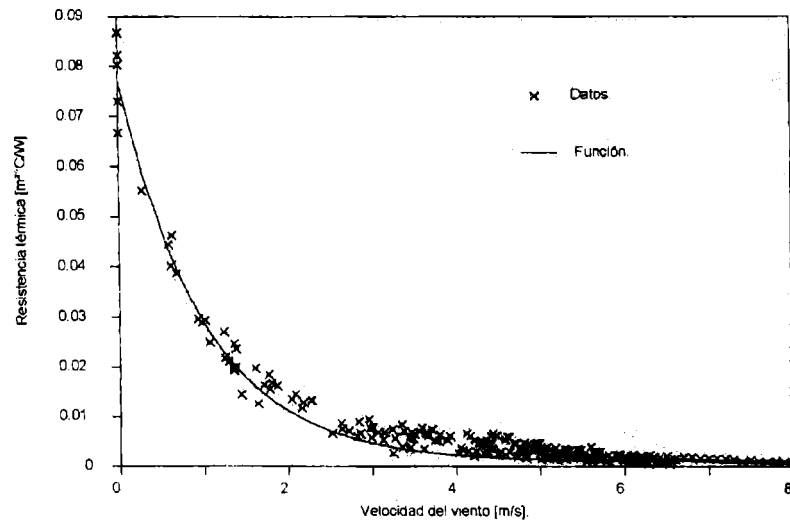
Función que puede emplearse para la capa límite interior.

ERROR ENTRE LOS DATOS Y LA FUNCIÓN DE APROXIMACIÓN.

Fue hallada la diferencia entre cada dato y el valor de la función de aproximación para esa misma velocidad del viento. En todas las mediciones este error no fue superior a la incertidumbre del dato. El valor máximo de error fue de 0.004961 que comparado con la incertidumbre máxima que es de 0.0096 resulta muy inferior. Es decir que la función aproxima en forma total a los datos con sus incertezas.

CONCLUSIONES.

De esta manera se obtuvo una función contrastada a través de mediciones en el fenómeno que permite corregir los modelos de simulación que las emplean. Cabe aquí hacer notar que más allá de los 8 m/s la capa límite no posee una resistencia térmica apreciable para ser considerada en una simulación. Esta velocidad del orden de los 29 km/h no sólo es característica de las regiones ventosas sino de la mayor parte del país.



En la figura se muestran graficadas las conclusiones de este proyecto y la expresión más cercana.

La sospecha de esta particularidad en realidad apareció mucho antes cuando se consideraba, por ejemplo, el inexplicable comportamiento de la aislación térmica de la cubierta de colectores térmicos solares.

Es menester hacer notar que cuando las velocidades del viento son superiores a 4,2 m/s el valor de la resistencia térmica de la capa límite medido es similar al de la incertidumbre que este parámetro tiene al ser medido, con lo que resultaría aventurado otorgar validez a los mismos.

Los modelos de simulación de edificios o de otros equipamientos térmicos expuestos a la intemperie cometen una equivocación al considerar esta resistencia como un valor fijo, como si no hubiese viento, también la cometen aquellos modelos que emplean la relación enunciada en la década del 50 por W. Mc Adams, que presenta una diferencia notable con lo obtenido y fue empleado ampliamente.

NOMENCLATURA.

l	longitud [m].
v	velocidad [m/s].
s	pendiente [°].
α	coeficiente de transmisión superficial del calor [W/m².K].
γ	viscosidad cinemática (m/r) [m²/s].
λ	conductividad térmica [W.m/K].

Subíndices

f	fluido.
r	situación real.

REFERENCIAS

- P. W. O'Callaghan - Building For Energy Conservation. Pergamon Press - First Edition 1978
- Brun, Martinot, Lagarde, Mathieu - Mecánica De Los Fluidos. Editorial Labor S.A - Primera Edición 1980
- Hermann Schlichting - Teoría De La Capa Límite. Ediciones Urmo - Quinta Edición 1972
- Isachenco, Osipova, Sukomel -Transmisión De Calor. Marcombo S.A. De Boixareu Editores - 1973
- Mataix, Claudio - Mecánica De Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Harla, México - Segunda Edición
- Williams Mc Adams .Transmisión Del Calor. Mc Graw Hill.
- J. L. Guerrero, E. Rosenfeld, O. R. Ravella, N. Giménez. Modelo Energético para el Programa C. E. S. A. D. (Conjunto con Energía Solar de Alta Densidad). Actas de la 5^{ta}. Reunión de Trabajo de A.S.A.D.E.S., Córdoba, Julio de 1979.).
- J. L. Guerrero, C. Díscoli, E. Rosenfeld, O. R. Ravella, C. Ferreiro. Prototipo Experimental de La Plata: Primera Campaña De Habitabilidad y Comportamiento Energético. Actas de la IX Reunión de Trabajo de A. S. A. D. E. S., San Juan. Octubre de 1984.
- L. Guerrero . Método de Diseño Energético. Actas de la XVI Reunión de Trabajo de la A. S. A. D. E. S. La Plata, Prov. de Buenos Aires. Diciembre de 1993.
- Jorge Luis Guerrero y Claudia Rita Moreno. El Viento en los Edificios. Estado de avance. Actas de la XVIII Reunión de Trabajo de la A. S. A. D. E. S. San Luis. Octubre de 1975.

FACTIBILIDAD Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UN MÓDULO EXPERTO APLICABLE AL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Jorge Daniel Czajkowski

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N°162. C.C.478 (1900) La Plata, Buenos Aires. Tel./Fax.: 54-21-214705. E-mail: czajko@isis.unlp.edu.ar.

RESUMEN

Se discute la factibilidad de desarrollar un módulo experto, también denominado Sistema basado en el conocimiento (Knowledge Based Systems), adosable a los sistemas informatizados construidos y expuestos en otras reuniones y sus características generales. Con este módulo se pretende tender al mejoramiento del acceso al conocimiento bioclimático por parte de profesionales del diseño edilicio, a partir de un modelo de simulación del conocimiento.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha estado trabajando activamente en temas relacionados con investigación y transferencia en el campo del hábitat y la energía.

De esto surge que es innegable la resistencia que exponen una buena parte de los profesionales del sector construcciones a la aplicación de conceptos bioclimáticos. Entre otras razones se aduce que la utilización de este enfoque les significa introducir condicionantes de diseño difíciles de superar, sumado a la complejidad de las verificaciones. Debemos reconocer que deben manejarse simultáneamente numerosas variables y que debe poseerse una buena formación técnica para concretar un edificio bioclimático cuantitativamente concebido.

A esto debemos agregar que en nuestro país existen pocos profesionales entrenados con medio nivel de formación bioclimática y los de alto nivel no pasan de algunas decenas.

Esto llevó a pensar hace algunos años en la posibilidad de desarrollar herramientas informatizadas que se encargaran de los procesos de verificación, simplificando todos los pasos posibles, y con un manejo conceptual del problema. Para esto junto al equipo, se trabajó activamente en docencia de grado y posgrado, se redactaron apuntes, se concibieron prácticas, se desarrolló software de distinto grado de complejidad, se publicaron libros, pero siempre quedó la inquietud de pensar que sucede con un profesional, aislado en algún punto del interior del país que posee alguna inquietud en el tema y no cuenta con un asesoramiento accesible por razones de distancia o conocimiento.

Es así que se pensó en dotar a los sistemas informatizados de diagnóstico tipológico-energéticos, de un módulo experto⁽¹⁾ que colaborara en la interpretación de la información que surge de sistemas, tales como, "EnergoCAD"⁽²⁾ y "EnerNorm"⁽³⁾. Se vio que podrían plantearse dos niveles de sistemas expertos para ayudar al usuario en: a. concebir un edificio adecuado a los diversos climas del país y b. ayudar en la interpretación de las evaluaciones para la mejora del prototipo.

El primer nivel es el que presentaría mayores complicaciones en su desarrollo por tener que trabajar con conceptos y frases que deben ser claras, precisas y dar respuestas coherentes. En principio se cuenta con suficiente material para formular las REGLAS⁽⁴⁾ y la BASE DE CONOCIMIENTOS⁽⁵⁾ del sistema. Las mayores dificultades se presentarían en poder contar con recursos humanos experimentados y herramientas de desarrollo.

Conceptualmente un sistema experto, de algún modo sería similar a como opera un experto humano que ante un determinado problema lo resuelve con prontitud, con una gran eficacia resolutoria, con un nivel de organización alto, posee estrategias y tácticas, la búsqueda de soluciones es heurística y los cálculos son aproximados. Ahora, porque plantear un sistema de estas características, en principio porque los expertos nacionales son pocos, están dispersos y muchas veces son desconocidos en su propio medio. Por otra parte significaría una herramienta útil para los expertos ya que podría permitir profundizar el nivel de conocimientos sobre el tema, facilitando el trabajo en las etapas de análisis de la información y/o en las etapas de ideas preliminares y anteproyecto.

En principio se está trabajando en la determinación de pocas reglas que permitan tratar cuestiones generales del diseño bioclimático para ir progresando en la experiencia. De más está decir que el diseño de un edificio es mucho más complejo que las breves respuestas que pueda dar este módulo, pero con limitaciones es necesario comenzar a trabajar en el tema, ya que existe un gran vacío en este campo aplicado a nuestra área de conocimiento.

EL MÓDULO EXPERTO Y SU ENTORNO

Hoy contamos con máquinas, periféricos y sistemas operativos poderosos y de bajo costo relativo para sugerir un Sistema Experto orientado al Diseño Bioclimático de Edificios. La bibliografía recomienda el uso de lenguajes como el LISP o el PROLOG, buenos sistemas de generación de ventanas de diálogo y sistemas operativos potentes como el UNIX. Utilizando como soporte de hardware equipos tipo workstation.

Comunicación

Pensamos, que aceptando estas recomendaciones como válidas, en la realidad nacional los profesionales están mucho más cerca de contar con un equipo Pentium - Win95 o NT que utilizar workstations - Unix. Los equipos compatibles y sus sistemas operativos han evolucionado lo suficiente para casi equipararse con los anteriormente mencionados.

Como ejemplo, la primer versión del Sistema "EnergCAD" se realizó sobre la base de la versión 10 del AutoCAD cuando en el mercado se comercializaba la versión 12, pero el costo del primero era una décima parte del último y funciona en equipos tipo AT286. Creemos entonces que deberíamos seguir trabajando en esta línea de pensamiento.

La mayor dificultad es el desarrollo del SHELL⁽⁶⁾ y las herramientas con que crear el sistema experto. Debe ser lo suficientemente flexible para poder adaptarse a diversas bases de conocimiento. La decisión final del modo de procesamiento del conocimiento y el tipo de SHELL corresponde al experto o grupo de expertos que conciben el sistema. Esto debe ser así ya que es el Sistema Experto el que debe adaptarse a modo de trabajo del Experto y no a la inversa. Otra de las grandes ventajas de desarrollar sistemas de estas características es que ayudan a tomar decisiones al experto por las experiencias acumuladas en las bases de conocimiento y no como se piensa, que tienden a sustituirlo.

En el mundo anglosajón se acuñó el término *Knowledge Engineer* o ingeniero del conocimiento para definir al especialista que se encarga del desarrollo de Sistemas Expertos. Este es el mediador entre el experto que pone a su disposición sus conocimientos y el especialista informático que desarrolla el sistema, actuando de intérprete. Entre el ingeniero o arquitecto del conocimiento y el especialista bioclimático deben extraer el conocimiento mediante la formulación de preguntas, su estructuración para convertirlas en una forma de representación comprensible por una computadora. Debe elegir los medios auxiliares necesarios para su actividad, sean métodos, hardware, lenguajes o Shells, siendo también responsable del entrenamiento del usuario final.

La bibliografía sugiere que este personaje sea ante todo informático, que cuente con gran intuición y tacto, ya que es usual que el experto se maneje con un cierto grado de intuición en la toma de decisiones y que en ciertos casos no sepan volcar de manera inmediata su conocimiento.

En nuestro caso debemos considerar que el segundo nivel de Sistema Experto debería tomar decisiones a partir de un entorno de procesamiento de datos existente, utilizando los datos existentes o los generados en la evaluación.

Es indiscutible que con la tecnología de los Sistemas Expertos es posible ampliar las posibilidades de la tecnología convencional de procesamiento de datos, almacenando conocimientos y experiencias de nuestros expertos bioclimáticos, socializándolos y facilitando el acercamiento al tema de un amplio espectro profesional.

COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO BIOCLIMÁTICO

La mayor parte de los Sistemas Expertos desarrollados hasta la fecha distingue por un lado *el Conocimiento* y por el otro *su Mecanismo de Valoración*, representados en la práctica por una *Base de Conocimientos* y un *Shell*, respectivamente.

En el Sistema Experto el conocimiento se almacena en una Base de Conocimientos y los demás componentes del sistema configuran el Shell.

En el Sistema Experto el Shell no solo contiene los mecanismos de valoración, sino también las herramientas para el mantenimiento de la base de conocimientos (estructura, verificación, modificación, etc.), componentes que están caracterizados por formalismos de representación del conocimiento en que se basa el Sistema Experto.

Los componentes básicos del Shell del Sistema Experto Bioclimático serían:

- ✓ Componente de resolución de problemas.
- ✓ Componente de adquisición de conocimientos.
- ✓ Componente explicativo (quizás efectivizado en ambiente gráfico CAD o con un soporte similar).
- ✓ Componente de diálogo (efectivizado mediante ventanas y en mediano plazo mediante el uso de tecnología multimedial).

Componente de resolución de problemas

Contiene los mecanismos de valoración del conocimiento como ser los mecanismos de inferencia para la valoración de reglas. Permite extraer conclusiones del conocimiento representado y vehiculiza el diálogo con el usuario, actuando de interfaz entre el sistema y el usuario.

Componente de adquisición de conocimientos.

Contiene los programas y rutinas necesarias para la estructuración y mejora del conocimiento contenida en la Base de Conocimiento. Debe contar con rutinas que detecten errores e inconsistencias en la entrada de datos.

Componente explicativo

Está concebido para que los caminos de solución de problemas puedan ser reproducibles. En otras palabras en un componente que da explicación a preguntas tales como ¿porqué se sugieren ciertas soluciones o porque se han tomado ciertas decisiones ante un problema determinado?. Tiende a colaborar con el arquitecto del conocimiento y el experto cuando desean comprobar la secuencia de solución de un problema. Ayuda también al usuario final cuando desea saber porque al evaluar los resultados se sugieren recomendaciones inesperadas, como por ejemplo, recomendar la no utilización o utilización con grandes precauciones de invernaderos adosados o muros Trombe-Michell en el área del gran Buenos Aires.

Componente de diálogo

Forma la base de las interfaces de usuario del Sistema Experto y habitualmente se conciben como módulos fijos de software en cuanto a formatos de pantalla, gráficos, menús, sonido, punteros, etc.

Un Sistema Experto posee varias interfaces de usuario:

- ✓ La del componente de adquisición del conocimiento, para el arquitecto o ingeniero del conocimiento y el especialista.
- ✓ La del componente explicativo, para el arquitecto o ingeniero del conocimiento, el especialista y el usuario.
- ✓ Para la consulta; en cuanto a como se plantean las preguntas, se aceptan las respuestas y se emiten los resultados.

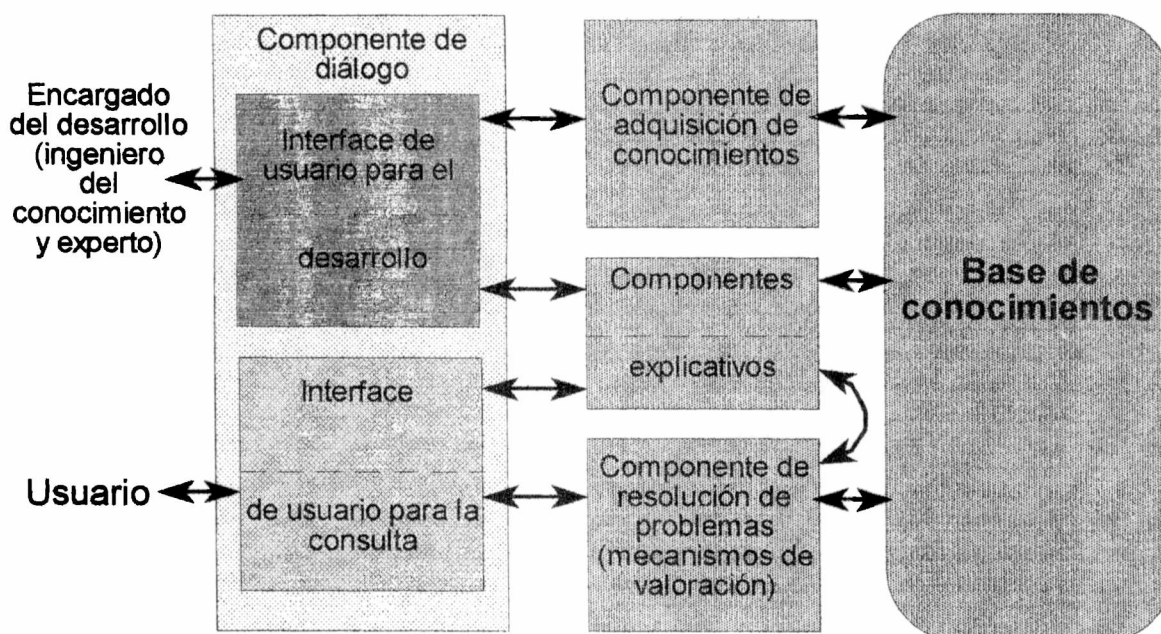


Figura 1: Componentes de un Sistema Experto.

CONCLUSIÓN

Sobre esta base conceptual se trabaja en la factibilidad de desarrollar un modulo experto piloto que en una primer etapa facilite la interpretación de los resultados volcados por los sistemas mencionados.

En esta etapa y hasta contar con recursos suficientes para encarar un sistema ambicioso se continuará trabajando en la definición de reglas y en la base de conocimientos. En cuanto a una primer versión funcional se preve realizarla en un lenguaje estructurado en el corto plazo.

Estas actividades forman parte del plan de trabajos para los próximos 5 años de la carrera de investigador del CONICET.

Comunicación

BIBLIOGRAFIA:

1. **Nebendahl, Dieter.** "Sistemas expertos. Introducción a la técnica y aplicación". Marcombo Boixareu editores. Barcelona, 1988. (252 pág)
2. **Rich, Elaine y Knight, Kevin.** "Inteligencia artificial". Edit. Mc Graw Hill. Madrid, 1994. (702 pág)
3. **Sánchez y Beltrán, J.P.** "Sistemas expertos. Una metodología de programación". Edit. Ra-Ma. Madrid, 1988. (262 pág).

REFERENCIAS:

1. Los sistemas expertos son programas que simulan el comportamiento de los expertos humanos a la hora de resolver problemas.
2. Czajkowski J. y Rosenfeld E. "EnergoCAD: Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias". Actas ASADES 15. Catamarca, 1992. Pág 127-136.
3. Czajkowski J.; Rosenfeld E. y Tesler J. "ENERNORM: Sistema informatizado para la evaluación bioambiental de edificios y sus partes según normas nacionales". Actas ASADES 19. Mar del Plata, 1996. Pág 06.5 - 8.
4. Concepto de la psicología cognitiva para la descripción de las reglas en forma de "si... entonces...", en relación con Sistemas Expertos: formalismos para la representación del conocimiento a través de reglas si-entonces.
5. Componente de un Sistema Experto; contiene el conocimiento formalizado, evaluable. Requiere de un procedimiento para representar el conocimiento (experiencia) en Sistemas Expertos de manera formalizada.
6. Un SHELL es literalmente la "concha" de un Sistema Experto sin la base de conocimientos específica del campo de interés del sistema. De algún modo es la estructura vacía que se convierte en Sistema Experto cuando se le incorpora la base de conocimiento.

MODELO DE REGRESION LINEAL SIMPLE PARA PREDECIR EL CONSUMO DE ENERGIA EN EL PARQUE EDUCACIONAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, LA PAMPA.

¹C. Filippín y ²C. de Rosa
CONICET

C.C. 302 (6300) Santa Rosa, La Pampa -Fax 0954 34222- E-mail: evigliz@inta.gov.ar

RESUMEN

Se analizan 16 edificios escolares de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa. Se incluyen variables dimensionales, y morfológicas e indicadores térmicos y energéticos siendo objetivo del trabajo, determinar la función matemática que represente, lo más exactamente posible, la relación entre variables, una dependiente y la otra independiente, quedando el modelo matemático definido por la ecuación, $y=a+b*x$. Es posible a través de un análisis de regresión lineal simple desarrollar ecuaciones que permitan predecir el consumo total de energía de edificios construídos y a construir en la región en estudio, con una probabilidad menor al 1 y al 5% que los datos sean obtenidos al azar.

INTRODUCCION

La aplicación de la nueva 'Ley Federal de Educación' N°24195, sancionada en abril de 1993, obliga a los sectores dirigentes a reorganizar el sistema de planificación y control para su adecuación a las nuevas necesidades con el fin de administrar y optimizar el uso de los recursos, económicos, humanos y físicos. Es posible, a través del análisis de la información, la determinación de indicadores y la elaboración de índices, diagnosticar la situación posibilitando además, realizar análisis predictivos. La implementación de técnicas estadísticas permite analizar la interrelación de las variables que se consideren, calculando los grados de asociación y las curvas que representen dichas relaciones (Rosenfeld, E. y San Juan, G., 1996). Es objetivo del presente trabajo desarrollar modelos de regresión lineal simple para predecir el consumo de energía en el parque educacional de la región en estudio.

MATERIALES y METODOS

Se analizan 16 edificios escolares de la ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa y, cuya localización geográfica se observa en la Tabla 1. Los edificios estudiados abarcan instituciones del nivel primario y secundario correspondientes a distintos períodos históricos de construcción, tecnológica y tipológicamente diferentes, con períodos de uso diario también diferentes. La muestra absorbe el 40% del universo del parque educacional. A partir de una base muestral desarrollada en otros trabajos (Filippín, C. y de Rosa, C., 1996 y Filippín, C. y de Rosa, C., 1997), (Tabla 2 y 3), se construye, en primer lugar, una matriz de correlación que se constituye en punto de inicio del análisis del presente trabajo. La base incluye variables dimensionales, morfológicas y energéticas. Se incorporan datos de matrícula y horas de ocupación del edificio. Las variables dimensionales, morfológicas e indicadores del comportamiento térmico, son: el perímetro, el área, el volumen, el factor de forma, el coeficiente global de pérdidas, la transmitancia térmica de las superficies de la envolvente y, el calor auxiliar anual. Los consumos anuales de energía total (MJ) se desdoblan en sus dos vectores predominantes [1], la energía eléctrica y el gas natural anual consumido. Los datos fueron suministrados por la Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y la Cooperativa Popular de Electricidad y corresponden al período 1994/95 y 1991/96, respectivamente (Información sin publicar). Se incorporan como variables, el consumo total de energía/m² construído y por alumno. Con el fin de calcular el calor auxiliar anual (Q) que requiere cada edificio y según sus horas de uso y en función del período lectivo, se corrigen los Grados día anuales, base 16°C, para un período de clase de 160 días (San Juan, G. y Rosenfeld, E., 1993).

Tabla 1: *Coordenadas Geográficas y Datos Climáticos de Santa Rosa, La Pampa.*

Coordenadas Geográficas:	Latitud: -36.57°	Longitud: 64.45	Altitud: 189m sobre el nivel del mar	
	Valores Anuales		Julio	Diciembre
Temperatura de Bulbo Seco(°C)	Media	Máx.Abs. Mín.Abs.	Mínima Media	Máxima media
	15.5	42 -12	1.4	31.9
Grados-día Anuales de Calefacción (Base 16°C): 1136			Grados-día Anuales de Enfriam.(Base 23°C):128	
	Radiación Global Horizontal: 16 MJ/m ² d			

En segundo lugar, y con el fin de determinar la función matemática que represente lo más exactamente posible la relación entre variables, una dependiente (x) y la otra independiente (y), se realiza un análisis de regresión lineal simple. El modelo matemático está definido por la ecuación, $y = a+b*x$.

¹ Investigadora Asistente CONICET

² Investigador Independiente CONICET

Tabla 2: Datos dimensionales, morfológicos e indicadores del comportamiento térmico.

<i>Establecimientos Secundarios</i>	P	A	V	FF	S*K	KG	KGAd	G	FO	GD
CN	406	2624	11415	0,60	9410	1,38	1,07	1,31	19	587
CSR	335	3608	15429	0,44	9346	1,39	1,21	1,26	19	587
EN	391	3722	16388	0,41	9560	1,41	1,25	1,06	14	433
EPET	360	4503	15944	0,47	13465	1,79	1,18	1,48	14	433
FA	233	2135	7891	0,48	5060	1,34	1,17	1,38	10	309
PLP	294	2937	11089	0,48	7493	1,41	1,17	1,30	10	309
<i>Establecimientos Primarios</i>										
Número 2	128	1417	5841	0,68	3732	1,33	1,30	1,46	19	587
Número 27	215	2136	8920	0,52	5502	1,18	1,13	1,40	13	402
Número 74	317	1228	5443	0,74	6117	1,52	1,00	1,30	10	309
Número 180	214	1136	3976	0,75	2917	1,33	0,99	1,48	19	587
Número 219 Primaria	235	1185	4239	0,74	3537	1,13	0,91	1,50	13	402
Número 219 Inicial	65	192	670	0,90	797	1,33	0,94	1,90	10	309
Número 221	353	3074	13387	0,58	11983	1,54	1,09	1,53	13	402
Número 240	174	1102	4506	0,65	3918	1,33	1,04	1,43	13	402
Número 255	220	1156	4592	0,68	7321	1,30	1,03	1,40	10	309

Referencias: P: perimetro (m), A: área (m²), V: volumen (m³), FF: factor de forma, S*K: superficie por coeficiente de transmisión térmica (W/°C), KG: coeficiente de transmisión térmica global (W/m²°C), KGAd: coeficiente de transmisión térmica global admisible según Norma Básica de la Edificación española, G: coeficiente global de pérdidas (W/m³°C), FO: factor de ocupación (hs). GD: Grados-día, base 16°C.

Tabla 3: Consumo Anual de Energía en Kwh

<i>Establecimientos Secundarios</i>	Q	GN (*)	EE (*)	Total	Kwh/m2	Kwh/alumno
CN	758815	847206	41231	888437	338	806
CSR	986497	722376	266105	988481	274	1144
EN	649523	1314328	138546	1452874	389	1044
EPET	876348	1624813	297137	1921950	900	1647
FA	273974	651805	58288	710093	331	1919
PLP	393894	1926806	111312	2038118	695	5148
<i>Establecimientos Primarios</i>						
Número 2	197835	467309	35057	502366	400	803
Número 27	433580	894053	63223	957276	448	1152
Número 74	188980	362635	24887	387522	315	569
Número 180	78997	372899	46372	419270	369	572
Número 219 Primaria	222239	341356	78458	419814	354	1786
Número 219 Inicial	34178	148288	14432	162720	847	2502
Número 221	711137	1052266	216086	1268352	414	1393
Número 240	223720	587588	87440	675029	612	1688
Número 255	171698	497200	16488	513684	443	1642+

Referencias: Q: calor auxiliar anual (MJ), GN: consumo de gas natural anual medido (MJ), EE: consumo de electricidad anual medido (MJ), MJ/m²: consumo total de energía anual por metro cuadrado construido, MJ/al: consumo total de energía anual por alumno. * Fuente: Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y Cooperativa Popular de Electricidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 4 muestra la matriz de correlación entre las distintas variables y los coeficientes correspondientes. En función de aquellos estadísticamente significativos, se inicia un análisis de regresión lineal simple para determinar la función matemática que represente la relación entre determinadas variables. En la Tabla 5 es posible observar el coeficiente de determinación (r²), el STD y la significancia estadística para algunas variables. Es posible extender la metodología a otras variables considerando, en función de la matriz y para la muestra analizada, que significancias estadísticas del 0.05 y 0.01 exigen valores de coeficientes de correlación de 0.482 y 0.606 respectivamente. La energía total consumida está asociada significativamente desde el punto de vista estadístico a variables edilicias dimensionales y morfológicas con una probabilidad menor al 1% que los datos hubieran sido obtenidos al azar. No se correlaciona con el número de horas de uso del edificio, sí con el número de alumnos. El 99% de la variabilidad del consumo total estaría definido por la variación en el consumo de gas natural, situación que ratifica los resultados de trabajos anteriores. El gas natural consumido se asocia al número de alumnos con una probabilidad menor al 5% que los datos sean obtenidos al azar. La energía eléctrica consumida está asociada al número de alumnos y a las horas de uso con una significancia estadística del 5%.

Tabla 4: Matriz de Correlación

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	1.00																									
2	0.80	1.00																								
3	0.84	0.98	1.00																							
4	0.92	0.92	0.95	1.00																						
5	-0.64	-0.87	-0.87	-0.75	1.00																					
6	0.86	0.89	0.88	0.94	-0.67	1.00																				
7	0.45	0.57	0.50	0.53	-0.22	0.66	1.00																			
8	0.64	0.86	0.86	0.74	-0.98	0.67	0.28	1.00																		
9	-0.71	-0.54	-0.60	-0.56	0.72	-0.46	0.05	-0.74	1.00																	
10	0.60	0.86	0.80	0.74	-0.77	0.73	0.54	0.75	-0.42	1.00																
11	0.57	0.80	0.75	0.69	-0.74	0.68	0.48	0.73	-0.43	0.99	1.00															
12	0.52	0.83	0.79	0.74	-0.61	0.75	0.63	0.59	-0.18	0.67	0.56	1.00														
13	0.84	0.81	0.86	0.87	-0.66	0.81	0.49	0.68	-0.60	0.57	0.53	0.56	1.00													
14	-0.21	-0.01	-0.09	-0.15	-0.04	-0.16	-0.07	0.00	0.16	0.41	0.47	-0.09	-0.44	1.00												
15	-0.66	-0.41	-0.45	-0.53	0.43	-0.48	-0.04	-0.39	0.60	0.00	0.05	-0.26	-0.51	-0.65	1.00											
16	-0.25	0.16	0.08	-0.09	-0.20	-0.06	0.16	0.21	0.17	0.57	0.61	0.13	-0.18	0.84	0.77	1.00										
17	-0.69	-0.41	-0.47	-0.57	0.46	-0.50	-0.01	-0.43	0.68	-0.03	0.02	-0.25	-0.56	0.66	0.98	0.76	1.00									
18	-0.65	-0.43	-0.47	-0.55	0.42	-0.49	-0.08	-0.38	0.55	-0.01	0.06	-0.36	-0.51	0.66	0.99	0.76	0.97	1.00								
19	-0.27	0.09	0.02	-0.13	-0.16	-0.11	0.10	0.18	0.14	0.53	0.59	0.00	-0.20	0.85	0.78	0.99	0.76	0.79	1.00							
20	-0.68	-0.43	-0.49	-0.58	0.45	-0.51	-0.04	-0.42	0.63	-0.03	0.03	-0.32	-0.56	0.68	0.98	0.76	0.99	0.99	0.78	1.00						
21	-0.27	0.05	0.02	-0.04	0.14	-0.07	0.20	-0.18	0.48	0.04	-0.05	0.54	-0.14	0.03	0.33	0.22	0.36	0.19	0.08	0.24	1.00					
22	0.03	0.45	0.40	0.28	-0.28	0.26	0.41	0.23	0.19	0.39	0.28	0.82	0.14	0.06	0.12	0.30	0.16	-0.01	0.15	0.05	0.89	1.00				
23	-0.35	-0.01	-0.07	-0.14	0.22	-0.14	0.21	-0.26	0.58	0.01	-0.07	0.47	-0.23	0.11	0.40	0.28	0.46	0.27	0.15	0.34	0.98	0.86	1.00			
24	0.57	0.52	0.58	0.61	-0.39	0.47	0.06	0.34	-0.34	0.19	0.12	0.48	0.62	-0.38	-0.47	-0.34	-0.49	-0.52	-0.41	-0.53	0.17	0.31	0.09	1.00		

Referencias: 1- Perímetro (m), 2- Área (m²), 3- Volumen (m³), 4- Envolverte (m²), 5- Factor de Forma, 6- Superficie por coeficiente de transmisión térmica (W/°C), 7- Coeficiente de transmisión térmica global (W/m²°C), 8- Kgadm, coeficiente de transmisión térmica global admisible según Norma Básica de la Edificación Española, 9- G, Coeficiente global de pérdidas (W/m³°C), 10- Consumo Total en MJ, 11- Consumo de gas natural en MJ, 12- Consumo de electricidad en MJ, 13- número de alumnos, 14- Consumo Total de energía/alumno en MJ, 15- Consumo Total de energía/m² en MJ, 16- Consumo Total de energía/m³, 18- Consumo de gas natural/m² en MJ, 19- Consumo de gas natural/m² de envolverte, 20- Consumo de gas natural/m³, 21- Consumo de electricidad/m² en MJ, 22- Consumo de electricidad/m² de envolverte en MJ, 23- Consumo de electricidad/m³ en MJ, 24- horas de uso.

Nota: Significancia Estadística: para $P > 0.01$, $r = 0.606$, para $P > 0.05$, $r = 0.482$ (Fuente: Tabla A.13, Significant Values of R, Statistical Methods, 4th de, The Iowa State College Press, Ames, Iowa, 1946.)

Tabla 5: Análisis de Regresión Lineal Simple

Consumo Total Anual vs.	r2	R	a	b	STD	Significancia Estadística
Perímetro	0,36	0,60	-8716,2	987,6	134766,9	P < 0,05
Area	0,73	0,85	17556	108,5	87073,2	P < 0,01
Volumen	0,64	0,80	33472,5	25,06	100395,2	P < 0,01
Envolvente	0,55	0,74	-2094,6	54,9	113161,1	P < 0,01
Factor de Forma	0,59	0,77	770778,2	855659,2	107380,9	P < 0,01
SK	0,54	0,73	20482	33,7	114410,3	P < 0,01
KG	0,29	0,54	-578409	598548	141823,3	P < 0,05
Consumo de Gas	0,98	0,99	6228,43	1,10	22721,3	P < 0,01
Consumo de Electricidad	0,45	0,67	140991,7	4,09	124943,5	P < 0,01
m2 Envolvente	0,32	0,56	220010	4395,8	137739	P < 0,05
Número de alumnos	0,32	0,56	114221,9	224,1	138404	P < 0,05

Consumo Gas Natural Anual vs	r2	R	a	b	STD	Significancia Estadística
Perímetro	0,32	0,56	267,5	846	124193,2	P < 0,05
Area	0,64	0,80	26484	91,3	90482,2	P < 0,01
Volumen	0,56	0,75	40622	21	100272,5	P < 0,01
Envolvente	0,47	0,68	11294,2	45,9	109629,2	P < 0,01
Factor de Forma	0,55	0,74	674674,9	-744259	100881,1	P < 0,01
SK	0,46	0,68	30885,4	28,1	110863,2	P < 0,01
Número de alumnos	0,28	0,53	108087,7	188,3	128104,4	NoSignificat.
Consumo Gas/m2Envolvente	0,35	0,59	25621,9	4231,1	121752,7	P < 0,05
Consumo Total/m2Envolvente	0,38	0,62	601,4	4236,5	119193	P < 0,01

Consumo de Electricidad Anual vs.	r2	R	a	b	STD	Significancia Estadística
Perímetro	0,27	0,52	-8983,7	141,6	23400	No significat.
Area	0,69	0,83	-8924,1	17,2	15376	P < 0,01
Volumen	0,63	0,79	-7149,5	4,05	16742	P < 0,01
Envolvente	0,55	0,74	-13388,9	8,96	18499,85	P < 0,01
Factor de Forma	0,37	0,61	96103	-111400	21715,8	P < 0,05
SK	0,56	0,75	-10403,3	5,6	18313,9	P < 0,01
KG	0,40	0,63	-131422	114755	21346,5	P < 0,05
Número de alumnos	0,31	0,56	6134,2	35,9	22845,3	P < 0,05
Consumo de Electricid./m2	0,29	0,54	3513,7	2037,7	23190,9	P < 0,05
Consumo de Electricid.m2 Envolvente	0,68	0,82	-9226	6747,4	15568	P < 0,01

CONCLUSIONES

Es posible a través de un análisis de regresión lineal simple desarrollar ecuaciones que permitan predecir el consumo total de energía de los edificios escolares construidos y a construir en la región en estudio, con una probabilidad menor al 1% y al 5% que los datos sean obtenidos al azar. A partir de él, ó mediante ecuaciones, predecir el consumo de gas natural y electricidad. En aquellas situaciones en particular, donde el grado de asociación detectado no satisface las exigencias de significancia estadística, se prevé realizar, en próximos trabajos, un análisis de regresión simple no lineal, parabólico y logarítmico, y de regresión múltiple.

BIBLIOGRAFIA

- Filippín, C. y de Rosa, C. Análisis Morfológico, Tecnológico, Energético y Económico del Parque Educativo del Nivel Secundario de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. Actas 19a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar), Mar del Plata, Noviembre de 1996, Vol. I, p.02.25-02.28 (1996).
- Filippín, C. y de Rosa, C., 1997. Análisis Morfológico, Tecnológico, Energético y Económico del Parque Educativo del Nivel Primario de la Ciudad de Santa Rosa, La Pampa. A presentar en la 20a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar), Río Cuarto, Noviembre de 1997.
- San Juan, G. y Rosenfeld, E. Mejoramiento de las Redes Edilicias de Educación de la Provincia de Buenos Aires, Actas de la 16a. Reunión de Trabajo de ASADES, 73-80 (1993).
- Rosenfeld, E. y San Juan, G. Un Enfoque Sistémico de la Arquitectura Educativa, Redes Edilicias y Recursos Críticos. Instituto de Estudios del Habitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata (1996).

ANÁLISIS MORFOLÓGICO, TECNOLÓGICO, ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL PARQUE EDUCACIONAL DEL NIVEL INICIAL Y PRIMARIO DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA, LA PAMPA

¹C. Filippín y ²C. de Rosa
CONICET

C.C. 302 (6300) Santa Rosa, La Pampa - Fax: 0954-3422- E-mail: evigliz@intact.edu.ar

RESUMEN

Se analizaron los edificios escolares del nivel primario de la ciudad de Santa Rosa. Se evaluaron sus consumos energéticos anuales en función de las horas de ocupación y características morfológicas y constructivas. Según el período de uso y en función de los Grados-día, base 16°, el gas natural consumido por los establecimientos analizados satisface ampliamente el calor auxiliar calculado. Se analizaron sus consumos totales de energía, según sus fuentes, por m² construido y por alumno. Se evaluó el costo total de la energía consumida. Surge del análisis la mayor participación relativa del gas natural en el consumo total. La contribución económica de la energía eléctrica y el gas natural consumido en el costo total de la energía no se diferenció. La participación de la energía consumida en el costo total promedio por alumno primario y nivel inicial fue del 1,47%.

INTRODUCCION

El crecimiento continuo de la población, la creciente expectativa en torno a la educación y la mayor difusión de sus beneficios, la tendencia sostenida hacia la educación permanente, la incorporación de técnicas modernas a los procedimientos pedagógicos, fueron condicionantes que perfilaron la evolución y características de las construcciones escolares (Grupo Nacional de Desarrollo- Convenio CONESCAL, 1973). La infraestructura edilicia del servicio educativo respondió históricamente a los lineamientos generales de la atención centralizada del Estado Nacional. Con la promulgación de la Ley N° 17522/67 se logró una verdadera descentralización operativa. Los estados nacional y provincial intervienen en la conservación, ampliación y construcción de los edificios escolares. Los edificios fueron solicitados por una doble corriente de renovación, por un lado nuevos planteos pedagógicos, y por otro la continua revisión de los procedimientos arquitectónicos, ambas corrientes vinculadas a una situación cultural (Boggio Videla, J. M., 1969). El parque educacional de la ciudad de Santa Rosa respondió en gran medida al crecimiento permanente de la población. Una tasa de escolarización creciente con un valor de 42.8% en 1991, frente al 27% promedio del país, es un indicador de la evolución de la demanda educativa en la ciudad y en la provincia en general (Dirección de Estadísticas y Censos de la Provincia de La Pampa, Información sin publicar).

Pese a los progresos en materia pedagógica y educativas se ha prestado escasa atención a los problemas edilicios del sector de educación, especialmente en relación al confort ambiental, a la eficiencia térmica y lumínica de los edificios y a su rentabilidad energética. Es necesario una investigación que permita diagnosticar el comportamiento energético de estos edificios con el fin de racionalizar decisiones futuras. El presente trabajo evalúa el comportamiento energético y económico de un sector del parque edilicio educacional de la ciudad de Santa Rosa. Son objetivos del presente trabajo: a) evaluar el consumo de energía medido del 29% de los establecimientos primarios y nivel inicial, b) analizar la participación relativa de las fuentes, gas natural y energía eléctrica, en el consumo total de energía, c) evaluar el consumo de energía por m² y por alumno, d) evaluar el costo de la energía consumida y la participación relativa de las fuentes en el costo total y e) evaluar el costo de la energía consumida por alumno y su participación en el costo total por alumno.

MATERIALES Y METODOS

Se construye una base muestral correspondiente a ocho establecimientos escolares primarios de la ciudad de Santa Rosa cuya localización geográfica y sus datos climáticos se muestran en la Tabla 1. La base incluye variables dimensionales, morfológicas e indicadores térmicos y energéticas. Se incorporan datos de matrícula y horas de ocupación del edificio. Las variables dimensionales, morfológicas e indicadores del comportamiento térmico, son: el perímetro, el área, el volumen, el factor de forma, el coeficiente global de pérdidas, la transmitancia térmica de las superficies de la envolvente, y calor auxiliar anual. Los consumos anuales de energía total (MJ), la energía eléctrica anual consumida, el consumo de gas natural, y el consumo total de energía/m² construido, son las variables energéticas estudiadas. Los datos fueron suministrados por la Compañía Distribuidora de Gas Pampeana y la Cooperativa Popular de Electricidad y corresponden al período 1994/95 y 1991/96, respectivamente (Información sin publicar).

A excepción de uno de ellos, los edificios analizados integran físicamente el nivel primario e inicial, motivo por el cual los consumos de energía corresponden a la totalidad del edificio. El parque educacional analizado alberga además más de un establecimiento, escuelas diferentes y turnos diferentes, razón que hace compleja la definición de la matrícula de cada edificio.

¹ Investigadora Asistente CONICET

² Investigador Independiente CONICET

Los datos fueron suministrados por el Departamento de Investigación de la Subsecretaría de Planeamiento Educativo de la Provincia de La Pampa. Corresponden a cada edificio analizado los siguientes valores de matrícula: 625, 832, 682, 731, 656, 910, 400 313, para la Escuela 2, 27, 74, 180, 219, 221, 240 y 255, respectivamente.

Tabla 1: Coordenadas Geográficas y Datos Climáticos de Santa Rosa, La Pampa.

Coordenadas Geográficas Latitud: -36.57 Longitud: 64.45 Altitud: 189m sobre el nivel del mar					
Temperaturas de bulbo Seco (°C)	Valores Anuales			Julio	Diciembre
	Media	Máx. Abs.	Mín. Abs.	Mínima Media	Máxima Media
	15.5	42	-12	1.4	31.9
Grados-día Anuales de Calefacción (Base 16°C): 1136			Grados-día Anuales de Enfriam.(Base 23°C): 128		
Radiación Global Horizontal: 16 MJ/m2.					

Sin pretender una asimilación climática, sino metodológica, la Oficina para la Eficiencia Energética del Departamento del Ambiente de Gran Bretaña clasifica a los edificios escolares del nivel primario y en cuanto al consumo total de energía en : bajo, medio y alto consumo , correspondiendo a los distintos rangos, valores menores a 565.2, entre 565.2 y 777.6 y mayores de 777.6 MJ/m2. También la Oficina para la Eficiencia Energética del Departamento del Ambiente de Gran Bretaña (E.E.O.) clasifica a los edificios escolares, según su grado de exposición: en abrigo, normal y expuesto. Según la localización de los edificios analizados en el entorno urbano, todos se encuentran dentro del rango normal (Department of the Environment. Great Britain, 1994). Con el fin de calcular el calor auxiliar anual (Q) que requiere cada edificio y según sus horas de uso y en función del período lectivo, se corrigen los Grados día anuales, base 16°C, para un período de clase de 160 días (San Juan, G. y Rosenfeld, E., 1993) (Tabla 2). Estadísticamente se calculan promedios (X), desvíos standard (STD) y coeficientes de variación (CV) como indicador de la dispersión relativa de los consumos de energía.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 muestra los datos dimensionales y morfológicos e indicadores del comportamiento térmico de los edificios analizados. Calculados los coeficientes de transmisión térmica global (KG) y tomando como modelo la Norma Básica de Edificación Española NBE-CT-79 para una región climática similar, los valores resultan superiores a los admisibles establecidos por dicha Norma (1993).

Tabla 2: Datos Dimensionales, Morfológicos e Indicadores del Comportamiento Térmico.

Establecimientos	P	A	V	FF	S*K	KG	KGAd	G	FO	GD
Número 2	128,3	1417	5841	0,68	3732,1	1,33	1,30	1,46	19	587
Número 27	215	2136	8920	0,52	5502	1,18	1,13	1,40	13	402
Número 74	317	1228	5443	0,74	6117	1,52	1,00	1,30	10	309
Número 180	214	1136	3976	0,75	2917,2	1,33	0,99	1,48	19	402
Número 219 Prim	235	1185	4239	0,74	3537	1,13	0,91	1,50	13	402
Número 219 J.de Inf.	65	192	670	0,90	797	1,33	0,94	1,90	10	309
Número 221	353	3074	13387	0,58	11983	1,54	1,09	1,53	13	402
Número 240	174	1102	4506	0,65	3918,3	1,33	1,04	1,43	13	402
Número 255	220	1156	4592	0,68	7321	1,30	1,03	1,40	10	309

Referencias; P: perímetro (m), A: área (m2), V: volumen (m3), FF: factor de forma, S*K: superficie por coeficiente de transmisión térmica (W/°C), KG: coeficiente de transmisión térmica global (W/m2°C), KGAd: coeficiente de transmisión térmica global admisible según Norma Básica de la Edificación española, G: coeficiente global de pérdidas (W/m3°C), FO: factor de ocupación (hs). GD: Grados-día, base 16°C.

La Tabla 3, muestra el consumo de gas natural y electricidad y la energía total consumida por edificio en MJ. La electricidad tiene la mayor variabilidad estadística entre edificios y la menor participación relativa de las fuentes. El consumo de gas natural es más estable y es mayor su participación con una baja dispersión entre edificios. En función de la tabla de valoraciones de la "E.E.O.", el consumo de energía por metro cuadrado, con una variabilidad del 33,4% entre edificios, permite la disgregación en tres grupos, bajo, medio y alto consumo. Al 1º grupo pertenecen los edificios de las escuelas 2,27,74, 219 (nivel primario), 255 y 180, la escuela 240 al 2º grupo y la escuela 219, nivel pre-escolar, al 3º grupo. En función de la matrícula y calculado el consumo total anual por alumno, la muestra ofrece una variabilidad estadística del 45%.

La energía consumida por metro cuadrado construido es un indicador importante al integrar aspectos morfológicos y tecnológicos con las Normas que rigen o rigieron el sistema educativo. Niveles pre-escolares integrados al edificio del nivel primario disminuyen significativamente el consumo de energía. Por ejemplo, edificios con características tecnológica y morfológicas similares y con igual sistema de calefacción, la escuela N° 219 que desintegra de su estructura edilicia el nivel pre-escolar y la escuela N° 255 que integra los dos niveles de enseñanza corresponden al nivel Alto y Bajo consumo respectivamente. (Tabla 3). El jardín de infantes separado espacialmente, estaría consumiendo más energía por metro cuadrado que el nivel primario del mismo establecimiento. Desintegrando el consumo total de energía en las dos fuentes, gas natural y electricidad, se observó la mayor participación relativa del gas natural en el total. El gas natural consumido es más estable que el consumo de energía eléctrica que absorbe el menor porcentaje en la participación del consumo total.

Tabla 3: Consumo Anual de Energía en Kwh y Participación Relativa de la Fuentes en el Total

Establecimientos	Q	GN	EE	Total	MJ/m2	MJ/al	GN(%)	EE(%)
Número 2	197835	467309	35057	502366	400,3	802,8	93	7
Número 27	433580	894053	63223	957276	448,2	1152	93,4	6,6
Número 74	188980	362635	24887	387522	315,4	568,8	93,6	6,4
Número 180	78997	372899	46372	419270	369	572,4	88,9	11,1
Número 219 Primaria	222239	341356	78458	419814	354,2	1785,6	81	19
Número 219 J.de Inf.	34178	148288	14432	162720	847,4	2502	91	9
Número 221	711137	1052266	216086	1268352	414	1393,2	83	17
Número 240	223720	587588	87440	675029	612	1688,4	87	13
Número 255	171698	497200	16488	513684	442,8	1641,6	97	3
Promedio (X)	251374	524844	64717	589597	466,9	1345,3	89,8	10,2
Desviación Típica (STD)	193272,8	268196	58951	318781	155,9	603	4,9	4,9
Coef.de Variación (CV)	76,9	51	91	53,6	33,4	44,8	5,5	47,9

Referencias: Q: calor auxiliar anual (MJ), GN: consumo de gas natural anual medido (MJ), EE: consumo de electricidad anual medido (MJ), MJ/m2: consumo total de energía anual por metro cuadrado onstruido, MJ/al: consumo total de energía anual por alumno, %: participación relativa de las fuentes en el consumo total

Tabla 4: Indicadores Económicos del Consumo de Energía en las Escuelas Primarias de Santa Rosa

Establecimientos	Consumo de Energía (\$)			Participación Relativa (%)		Costo de la energía anual consumida por m2(\$)			Costo de la energía anual consumida por alumno(\$)		
	GN	EE	Total	GN	EE	GN	EE	Total	GN	EE	Total
Número 2	1947	1646	3593	54.2	45.8	1.5	1.3	2.8	3.1	2.6	5.7
Número 27	3725	2968	6693	55.6	44.4	1.7	1.4	3.1	4.5	3.6	8.1
Número 74	1511	1168	2679	56.4	43.6	1.2	0.95	2.1	2.2	1.7	3.9
Número 180	1554	2177	3731	41.6	58.4	1.4	1.9	3.3	2.1	3	5.1
Número 219 primario	1422	3683	5105	27.8	72.2	1.2	3.1	4.3	2.4	6.2	8.6
Número 219 pre-escolar	618	677.5	1295.5	47.7	52.3	3.2	3.5	6.7	9.5	10.4	19.9
Número 221	4384	10144	14528	30.2	69.8	1.4	3.3	4.7	4.8	11.1	15.9
Número 240	2448	4105	6553	37.4	62.6	2.2	3.7	5.9	6.1	10.3	16.4
Número 255	2072	774	2846	72.8	27.2	1.8	0.7	2.5	6.6	2.5	9.1
Promedio (X)	2186,8	3038	5224,5	47	52,9	1,7	2,2	3,9	4,6	5,7	10,3
Desviación Típica (STD)	1117,3	2767,4	3696,2	13,5	13,5	0,6	1,1	1,5	2,3	3,6	5,4
Coef. de Variación (CV)	51	91	70,7	28,7	25,6	34,5	50,8	37,7	51	64	52

Referencias: GN: gas natural (Kwh), EE: energía eléctrica (Kwh), 1kwh de gas natural \$0,015, 1Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996). Fuente: Distribuidora de Gas Pampeana y Cooperativa Popular de Electricidad. 1kwh de gas natural \$0,015 1 Kwh de energía eléctrica \$ 0,169 (1996).

Son factores, entre otros, determinantes del costo de la energía consumida por cada institución educativa, las condiciones climáticas, el edificio, el costo de la energía propiamente dicho, los patrones de uso, administradores, el personal, los alumnos, etc. Dentro del costo que significa al estado provincial mantener su matrícula escolar, el costo de la energía consumida por alumno es uno de los indicadores necesarios para analizar las necesidades presupuestarias de los establecimientos escolares. Se transforma el consumo de energía en MJ en costo de la energía consumida, según el valor del Kwh del gas natural y electricidad de 0,015 y 0,169 \$, año 1996 respectivamente. El costo total anual de la energía eléctrica, entre edificios, ofrece mayor variabilidad que el gas natural que es más estable.

La distancia, en la participación relativa de las fuentes en el consumo total de energía, se diluye al considerar la contribución económica del gas natural y la energía eléctrica consumida en el costo total. El costo de la energía que consume cada alumno anualmente es más dispersa que el costo de la energía por superficie construida (Tabla 4). El costo promedio total y anual por alumno, en la provincia, concentra el pago de salarios docentes, no docentes, gastos de funcionamiento y gastos de energía. El costo promedio total y anual por alumno en la provincia es de \$1.350,71, correspondiendo al nivel inicial y primario \$1.222,9 y \$743,8, respectivamente. La Tabla 5 muestra la desagregación del costo por alumno según niveles de enseñanza y los distintos rubros (División Investigación, Subsecretaría de Planeamiento Educativo, 1995). El parque educacional analizado concentra en un mismo edificio los dos niveles excepto la Escuela 219 que desintegra físicamente el nivel inicial y primario, razón por la que se promedian los valores definidos por la Subsecretaría de Planeamiento Educativo, resultando el Costo Total por alumno \$ 983,35. Respecto a este valor, el costo promedio de la energía consumida representaría un 1,47% del costo total por alumno, cifra algo superior a la estimada a nivel provincial. Si consideramos la participación del costo de la energía en Gastos Operativos No Salariales, la contribución se eleva al 33%.

Tabla 5: Participación de los distintos rubros en el costo total por alumno estimados en la Provincia de La Pampa

	Nivel Inicial	Nivel Primario
Salarios docentes	94,27	84,99
Salarios no docentes	1,24	10,56
Gastos de funcionamiento	3,18	3,52
Costo del consumo de gas natural y electricidad	1,32	0,93

CONCLUSIONES

Siendo uno de los objetivos del presente trabajo evaluar el consumo de energía medido de los edificios escolares del nivel inicial y primario, los resultados revelan que el consumo de gas natural satisface ampliamente los requerimientos térmicos en función de los Grados-día, base de diseño 16°C. Es posible inferir, entre otros aspectos que en esta primera aproximación del análisis no se contemplan, que la temperatura interior en los edificios sería superior a la temperatura base de 16°C, utilizada en los cálculos. También es posible que el periodo de uso contemplado para cada edificio no concuerde con los hábitos y costumbres de cada uno de ellos. Será objetivo de próximos trabajos desarrollar un plan de monitorización en condiciones reales de uso de los establecimientos, para evaluar condiciones higrotérmicas y lumínicas de las distintas áreas funcionales, horario de encendido y apagado de equipos de calefacción, mantenimiento de los edificios, etc. De esta forma, se podrá analizar la correspondencia o no entre el comportamiento teórico y real del edificio. A través del análisis de la información es posible la determinación de indicadores, diagnosticar situaciones, realizar análisis predictivos, definir y distribuir partidas presupuestarias en cada institución, reevaluar tipologías edilicias etc.. Siendo los receptores de la información, en el ámbito educativo, generalmente docentes y pedagogos, el empleo de cifras porcentuales permite visualizar con mayor claridad el mensaje que se intenta mostrar a través de las cifras. El empleo de valores porcentuales se justifica en función de las contribuciones relativas de cada fuente al consumo energético total. Si bien, por una cuestión puramente matemática, los desvíos standards deben ser necesariamente iguales no lo son en cambio sus coeficientes de variación (C.V), debido a que estos desvíos standard, corresponden a medias distintas. Únicamente serán iguales si las medias comparadas fueran exactamente iguales (50% y 50%). Por tanto, el C.V. o dispersión relativa da una idea ajustada de la variabilidad estadística de cada uno de los componentes analizados. En este marco y para la muestra analizada, la participación relativa promedio del gas natural consumido, en el consumo total de energía, es mayor respecto a la energía eléctrica, siendo la estabilidad de la contribución de aquél muy superior a la electricidad. El consumo promedio de gas natural en MJ es el 87,7% superior a la energía eléctrica consumida. Económicamente la situación se invierte, no llegando a una diferenciación tan clara. El costo promedio de la energía eléctrica total consumida por los establecimientos es el 28% superior al costo total promedio del gas natural consumido. La participación del costo de la energía consumida por alumno representa el 1,47% del costo total por alumno.

BIBLIOGRAFIA

- Boggio Videla, Juan Manuel, Separata N°17, SUMMA, 3-4 (1969).
- Costo Promedio por Alumno. Anexo y Edificios Escolares. División Investigación, Subsecretaría de Planeamiento Educativo (1995).
- Dirección de Estadísticas y Censos de la Provincia de La Pampa. Información sin publicar.
- Grupo Nacional de Desarrollo- Convenio CONESCAL, Separata N°68, SUMMA (1973).
- Introduction to Energy Efficiency in Schools, Energy Efficiency Office, Department of the Environment. Great Britain (1994).
- Norma Básica de la Edificación Española NBE-CT-79, Condiciones térmicas en los edificios., Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1993).
- San Juan, G. y Rosenfeld, E. Mejoramiento de las Redes Edilicias de Educación de la Provincia de Buenos Aires, Actas de la 16a. Reunión de Trabajo de ASADES, 73-80 (1993).

USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL ARGENTINO: ESTADO ACTUAL Y POSIBILIDADES FUTURAS

Carlos G. Tanides

Grupo Energía y Ambiente (GEA) – Depto. Electrotecnia – Facultad de Ingeniería (UBA)

Av. Paseo Colón 850, (1063) Capital Federal, ARGENTINA

Tel.: (+54 1) 343-0891 Int. 361; Fax #: (+54 1) 331-0129; Email: gea@aleph.fi.uba.ar

RESUMEN

En este trabajo se analiza la perspectiva del Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Sector Residencial argentino. A partir de una metodología de auditoría aplicada a una muestra piloto en la ciudad de Buenos Aires se determinó el consumo eléctrico por usos finales encontrándose que la iluminación y las heladeras domésticas dominan el consumo (sumando el 62 % del total) seguidos, un poco más lejos, por los aparatos de TV, videocasetas y conversores de cable (en conjunto 15 % del total). El potencial de ahorro técnico y económico hallado para estos tres usos principales se ubica en el orden de los 7 TWh para el año 2010. Finalmente se enumeran algunas estrategias posibles para promover el Uso Racional de la Energía (URE) eléctrico en el Sector Residencial y algunas medidas implementadas en el resto del mundo y en nuestro país.

ESTRATEGIA ENERGÉTICA ORIENTADA A LOS USOS FINALES

La utilización de crecientes cantidades de energía —indispensable para todas las actividades que desarrollamos en nuestra sociedad— nos lleva a un conflicto conocido como *trilema energético* caracterizado por tres elementos fundamentales: a) las limitaciones de los recursos energéticos, b) los factores económicos y c) los efectos ambientales asociados con la transformación y consumo de energía.

Una estrategia energética dirigida a cumplir los objetivos del *desarrollo sustentable* se fundamenta en un estudio detallado de cómo se utiliza la energía, incorporando los conceptos de uso eficiente de la energía y de gestión de la demanda (UEGD). A causa de este énfasis sobre los usos, se la conoce también como “Estrategia energética orientada a los usos finales”. La definición de dicha estrategia energética requiere de un análisis detallado acerca de la utilización de energía y comprende los siguientes pasos:

- estimar la magnitud del consumo energético de cada *uso final*, por ejemplo: transporte, iluminación, refrigeración, fuerza motriz industrial, etc.;
- evaluar las tecnologías relacionadas con los dispositivos actuales de uso final (motores, lámparas, heladeras, etc.);
- recopilar información acerca de los dispositivos para el uso más eficiente de la energía, su rendimiento y sus costos;
- recopilar información acerca de las tecnologías alternativas para la producción de energía. Incluyendo en el estudio fuentes y tecnologías tanto convencionales como no convencionales, y especialmente aquellas basadas en fuentes renovables y/o procesos de conversión menos contaminantes;
- estimar la demanda futura de los *servicios energéticos* según uso final; y
- elaborar una metodología para determinar la óptima combinación de tecnologías de producción, distribución y ahorro de energía, con el objeto de satisfacer los futuros requerimientos al mínimo costo social¹.

El análisis por usos finales nos conduce a una identificación de futuros escenarios energéticos que son mucho menos intensivos en capital y recursos (además de ser menos costosos en general), y ambientalmente menos conflictivos.

SECTOR RESIDENCIAL ELÉCTRICO ARGENTINO

Dentro de este contexto general, este trabajo en particular tiene por objeto analizar cuáles son las posibilidades de aplicación de la Estrategia descrita en el sector residencial argentino en donde el consumo de electricidad muestra en los últimos años un incremento sostenido tanto en valores absolutos (tasa de crecimiento 9 % anual) como en su participación en el total de energía eléctrica consumida (ver Fig. 1), convirtiéndose gradualmente —conjuntamente con el Sector Comercial y Público— en un actor protagónico de la demanda.

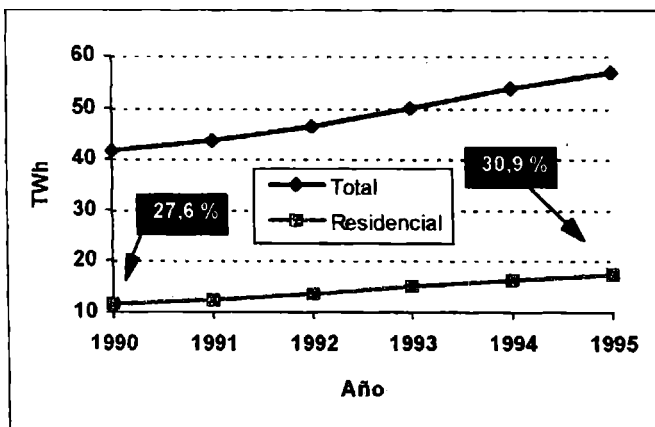


Figura 1. Evolución del consumo de energía eléctrica total y residencial (en TWh) en el período 1990-1995 en la República Argentina. Fuente: Balance Energético Nacional 1990-1995.

¹ Costos económicos directos más costos indirectos, principalmente los costos ambientales.

Un análisis detallado desde la perspectiva del URE eléctrico dentro del Sector Residencial nos revela como en los últimos años los usos finales han ido diversificándose, incorporando nuevas funciones, y agregando nuevos estados de carga que «contaminan» la forma de onda (alta distorsión armónica), etc., complicando de esta forma el análisis de la proyección de la demanda y las estimaciones del potencial de ahorro —elementos fundamentales a la hora de realizar este tipo de estudio.

Con el objeto de conocer más en detalle las características de este sector, desde hace tres años nuestro grupo se halla estudiando residencias en la ciudad de Buenos Aires, para relevar el patrón de consumo por usos finales y poder establecer los potenciales de ahorro y las prioridades a la hora de proveer y planificar la futura evolución del sector.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS

La metodología utilizada para la evaluación del consumo de energía eléctrica fue evolucionando, en un proceso iterativo, a partir de los resultados obtenidos, perfeccionándose y profundizando la investigación de determinados usos finales. En estudios anteriores se había detectado que los dos usos principales de energía eléctrica son la iluminación y la conservación de alimentos (heladeras y freezers) con una participación del 30 % en cada caso. En un tercer lugar se encuentra el conjunto de los equipos de televisión, videocasetas (VCRs) y conversores de cable [Tanides et al., 1996]. También se sospechaba acerca de los consumos permanentes²: radiorelojes, standby de aparatos de TV y VCRs, contestadores telefónicos, etc., que representan en promedio un 15 % del consumo total, pudiendo superar, en algunos casos el 25 %.

Actualmente la metodología se basa en un sistema mixto compuesto por 3 elementos básicos: a) encuestas, b) mediciones directas, y c) análisis de facturación.

Las encuestas se dirigen a determinar las horas de funcionamiento con especial atención en la iluminación, TV y asociados y consumos permanentes.

Las mediciones realizadas son de dos tipos: 1) energía consumida y 2) características eléctricas. En el caso de la *energía consumida*, se registra el consumo total, a partir del medidor general, y el de las heladeras, con un medidor colocado especialmente en el interior de la casa dedicado exclusivamente para este fin. Esta medición se realiza en dos oportunidades durante un lapso de 15 días cada una, una de ellas en la estación fría y otra en la cálida y se complementa con una inspección y relevamiento de datos acerca de la heladera. Para el resto de los usos finales se han realizado mediciones de consumo energético pero sin sistematicidad debido a su menor importancia. Dentro de las *características eléctricas*, se miden la potencia activa, corriente, factor de potencia, etc., de los distintos electrodomésticos en los diferentes modos de uso.

A partir de los datos encuestados y las mediciones se estiman las componentes del consumo y el total anual. Este se compara con la *facturación* obtenida de los dos últimos años. En caso de diferencias sustanciales, se ajustan las cifras menos precisas, por ej. horas de funcionamiento o variación estacional de los consumos. Adicionalmente, a partir de la facturación anual pueden calcularse ciertos consumos estacionales como la calefacción y el aire acondicionado.

En la Fig. 2 se grafica una síntesis del consumo por usos finales en la muestra analizada. Complementariamente, a partir de la información obtenida, se ha podido calcular las curvas de carga por usos finales, saturación de los electrodomésticos [%], energía anual por vivienda, tipo de lámparas utilizadas [%], potencia de lámparas utilizadas y kWh_{iluminación}/m², etc.

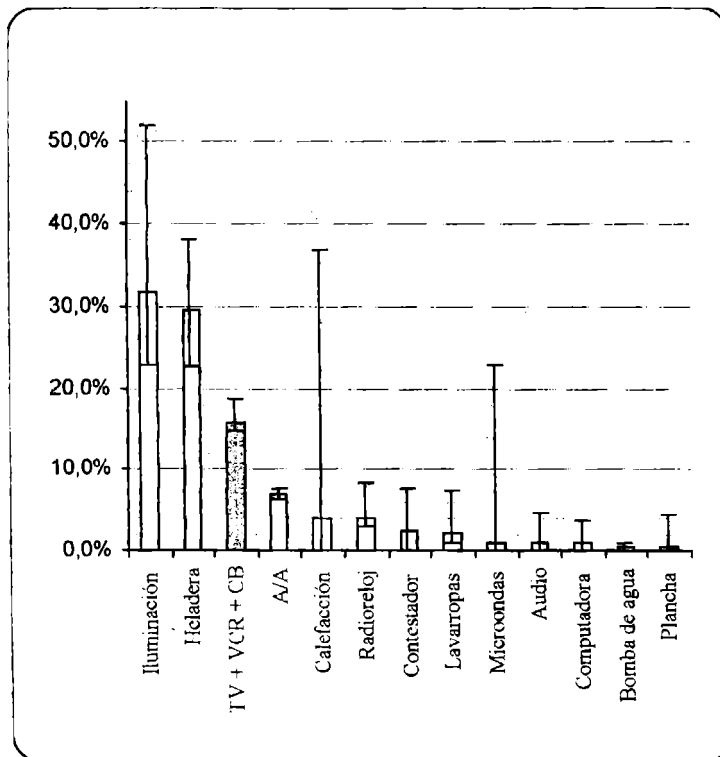


Figura 2. Patrón de consumo por usos finales en el Sector Residencial a partir de la muestra piloto realizada en la ciudad de Buenos Aires. Se muestran los valores máximos, mínimos y promedios en valor porcentual del total de la electricidad consumida en la muestra.

² Pequeños consumos (entre 1 y 30 W) conectados las 24 hs.

POTENCIAL DE AHORRO TECNICO Y ECONOMICO

Analizaremos el potencial de ahorro concentrándonos en los 3 usos finales más importantes: iluminación, heladeras y TV y asociados.

En *iluminación* residencial (32 %) existen varias medidas posibles para mejorar la eficiencia que van desde aprovechar mejor la luz natural hasta medidas técnicas. En este análisis hemos reducido las posibilidades solamente al recambio de las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFCs) —de buena calidad— en aquellos casos en que sean de más de 40 W y se utilicen más de tres horas diarias, condición que resulta beneficiosa económicamente bajo ciertas suposiciones de vida útil, costo de lámparas, costo de energía y tasas de interés. Esta evaluación realizada para el año 2010 permite identificar un potencial de ahorro del orden de 3 TWh en este uso final. En los primeros 10 años el ahorro neto acumularía \$ 2.800 millones, incluyendo el precio de compra y reposición de las LFCs.

Las *heladeras*, como ya se ha dicho, representan aproximadamente el 30 % del consumo total de energía eléctrica en el sector residencial argentino. Algunas medidas como la mejora de la aislación en puertas y cajas, reducción de la infiltración en puertas, optimización del compresor e incremento en la capacidad térmica del evaporador y condensador, permiten ahorros energéticos rentables que alcanzan el 50 % [GEA, 1993]. Para la Argentina se estima que —bajo ciertas condiciones— la introducción de heladeras y congeladores eficientes representaría un ahorro energético, que alcanzaría la cifra de 2,8 TWh para el año 2010. Considerando tanto los gastos energéticos como las inversiones en nuevos equipos eficientes, el ahorro económico llegaría al valor de \$ 297 millones para ese año acumulando desde 1995 hasta el 2010 una suma del orden de \$ 2.300 millones.

Es de notar que, en el caso de las heladeras, si bien supuestamente aumentar su eficiencia aumentaría su costo, debido a que los modelos actuales no son muy eficientes, se podrían lograr ahorros energéticos apreciables con poco costo adicional. Es más, en un estudio realizado para la Argentina [SEyP, 1997] al igual que los elaborados en otros países como Suecia [Bodlund et al., 1989, p.908] y EUA y Brasil [Geller, 1991, p. 27] reflejan una notable falta de correlación entre precio y eficiencia.

El tercer consumo en orden de magnitud lo representan los aparatos de *TVs y asociados* (15 %). En una muestra realizada en la ciudad de Buenos Aires, se detectó una gran dispersión en los consumos para distintos modelos de aparatos de similares dimensiones de pantalla y un alto consumo de algunos modelos en estado de espera (standby) que alcanzaron cifras de hasta 30 W. Se identificó para este rubro un potencial de ahorro del orden de los 1,2 TWh para el año 2010. En el caso de las VCRs y convertidores de cable sus consumos energéticos en modo standby duplican en promedio sus consumos en uso, de modo tal que el consumo total es tres veces el del uso.

MEDIDAS PARA PROMOVER EL URE EN EL SECTOR

Una primera opción para estimular el URE en este sector es la educación al público en general y a las organizaciones civiles interesadas (ONGs y asociaciones de consumidores) acerca de cuáles son los elementos energointensivos en el hogar y qué factores influyen principalmente el consumo energético. La gente no identifica correctamente cuáles son los artefactos energointensivos y, además, tiende a sobrestimar el potencial de ahorro a través de cambios de comportamiento (por ej. apagar luces) y a subvalorizar los ahorros que pueden lograrse mediante inversiones en la eficiencia energética. [Kcmpton et al., 1982]

La falta de información puede corregirse a través de programas que informen a los potenciales compradores de equipos sobre el consumo y el costo energético de los distintos modelos de lámparas, heladeras y aparatos de TV y video, tanto en uso como en modo standby. Varios países exigen la presentación del consumo energético y otros datos en una etiqueta pegada sobre cada unidad en venta. En EUA el etiquetado de heladeras y otros electrodomésticos fue introducido en 1980, situación que con posterioridad se reprodujo en Canadá, Unión Europea, Francia, Alemania, Japón, Australia, Corea, Tailandia, Brasil y México [Duffy, 1996].

En Argentina sólo en un puñado de modelos el fabricante especifica el consumo (kWh/día) de heladeras y freezers domésticos y la temperatura a la cual fue hecha la medición —condiciones especificadas en la Norma IRAM 2120 [IRAM, 1983]. Para el caso de los TV y asociados si bien podemos obtener cierta información acerca del consumo del aparato en funcionamiento es prácticamente imposible, hasta el momento, conseguir información acerca de su consumo en modo standby.

En la actualidad en nuestro país, a partir de una iniciativa de la Secretaría de Energía y Puertos, se ha puesto en marcha el Programa de Calidad de Artefactos Eléctricos para el Hogar (PROCAEH), en donde se han reunido a los fabricantes, laboratorios nacionales, unidades académicas, asociaciones de consumidores, entes normalizadores y dicha secretaria, para avanzar sobre un sistema de etiquetado que, en un principio, se aplicaría a heladeras y freezers y luego se extendería a otros electrodomésticos. En la figura 3 puede observarse un modelo similar al que se utilizaría en la Argentina de tener éxito el proyecto.

Otro camino a seguir es el establecimiento de normas que fijen niveles de eficiencia mínima en los equipos. Dichas normas pueden ser voluntarias u obligatorias. Las normas voluntarias pueden desarrollarse a partir de un convenio entre los fabricantes y el gobierno, con la participación de ONGs, incluyendo asociaciones de consumidores. Por otra parte, países como Suiza, China, Corea, Taiwán, México, Canadá y los EUA imponen normas de eficiencia mínima sobre heladeras, mientras que sobre freezers lo hacen sólo Suiza, Canadá y EUA [Duffy, 1996]. En los EUA estos estándares han reducido el consumo de sus heladeras.

deras un 60 % en un lapso de 20 años [Meier et al., 1993]. Para el caso de los TV y asociados están aplicándose en algunos países como Suiza, Japón, etc., normas que limitan su consumo en modo standby y en funcionamiento [Bush y Schmitz, 1997].

Paralelamente, los estándares de construcción y de eficiencia térmica en edificios, también aplicados en varios países, influyen notoriamente en el consumo energético—particularmente en iluminación, conservación de alimentos y climatización.

CONCLUSIONES

La eficacia del URE para enfrentar el trilema energético, queda evidenciada una vez más a partir de las cifras que resultan del estudio expuesto. Como se aprecia, el ahorro energético en el sector residencial en iluminación, heladeras y TVs y asociados alcanzaría un valor de 7 TWh para el año 2010. Las ventajas de lograr estas metas se incrementan si consideramos que dos de estos usos finales, iluminación y TV y asociados, tienen un alto factor de coincidencia con la punta de la demanda. En la Argentina está prácticamente todo por hacerse en este área, desde un relevamiento apropiado del consumo por usos finales hasta la aplicación de políticas que promuevan efectivamente el URE. La tarea que hemos desarrollado hasta el momento es incipiente y sería deseable que otras instituciones académicas u organizaciones extendieran esta metodología de análisis a otros puntos del país, fundamentalmente a los grandes centros urbanos, con el fin de mejorar la muestra e identificar nuevas oportunidades de ahorro.

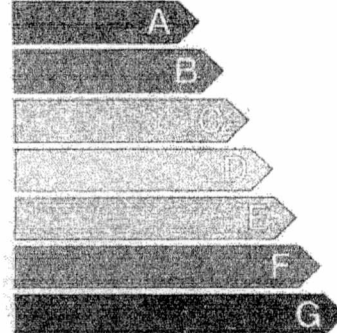
REFERENCIAS

- Bodlund, B., E. Mills, T. Karlson y T.B. Johansson (1989), "The challenge of choices: technology options for the Swedish electricity sector", en *Electricity. Efficient End-Use and New Generation Technologies, and Their Planning Implications* (T.B. Johansson, B. Bodlund y R.H. Williams, compil.), Lund University Press, Lund, Suecia, pp. 883-947.
- Bush, E. y R. Schmitz (1997), "Labeling of electronic appliances in Switzerland - Goodbye stand-by", http://194.178.172.86/newsdesk/nw297_09.htm.
- Duffy, J. (1996), "Energy labelling, standards and building codes: a global survey and assessment for selected developing countries", International Institute for Energy Conservation, Washington.
- GEA (1993), "Study on energy-efficiency standards for domestic refrigerator appliances, Final report", Group for Efficient Appliances, Comisión de las Comunidades Europeas, mayo.
- Geller, H.S. (1991), *Efficient Electricity Use: A Development Strategy for Brazil*, American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), Washington, DC, USA, 164 pp.
- Kempton, W. y L. Montgomery (1982), "Folk quantification of energy", *Energy--The International Journal* vol. 7, núm. 10, pp. 817-827.
- Meier, A., A. Megowan, B. Litt, y B. Pon, (1993), "The New York Refrigerator Monitoring Project: Final Report", LBL No. 33708, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA.
- Secretaría de Energía y Puertos (1997), "Certificación de la Calidad Energética de Equipos Electrodomésticos que Respondan al Uso Racional de la Energía", Proyecto Nro. 5, junio.
- Tanides C., M. Brugnoli y G.S. Dutt (1996), "Characterisation of residential electricity use in Argentina and implications for energy conservation programmes", *Universities Power Engineering Conference 1996 (UPEC '96)*, Iraklio, Creta, Grecia, 18 al 20 de septiembre.

Energía

Fabricante
Modelo

Más eficiente



Menos eficiente

Consumo de energía kWh/año

Basado en el caso del resultado obtenido en 24 h

en condiciones de ensayo normalizadas.

El consumo se ve afectado por las condiciones de utilización del aparato y de su localización.

Volumen alimentos frescos l

Volumen alimentos congelados l

Ruido

(dB(A) re 1 µW)

Para más información detallada en los folletos del producto

Norma EN 553, mayo 1990

Emisión como fabricante de refrigeradores 94/22/E



Figura 3. Modelo de etiqueta para refrigeradores utilizado en la Unión Europea similar al estudiado para la Argentina.

SITUACIÓN ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA DE LA POBLACIÓN RURAL GRADO DE ACEPTACIÓN DE UN SERVICIO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN Y DISPOSICIÓN DE PAGO

A. Combetto, A. Fabris, E. Sotelino, M. Marazzi, A. Frigerio
Dirección de Investigación y Desarrollo. Secretaría de Energía
H. Yrigoyen 250. Cap. Fed. Tel/Fax 349-8045 E-mail: acomb@mecon.ar.

RESUMEN

La Dirección de Investigación y Desarrollo de la Subsecretaría de Energía, encaró en el transcurso de los dos últimos años, la realización de encuestamientos puntuales en áreas de distintas características bioclimáticas, culturales y socioeconómicas, con el propósito de obtener información sobre las particularidades sociales, económicas, de consumo energético actual y del grado de aceptación de un servicio eléctrico de baja tensión por parte de la población rural que integra el Mercado Eléctrico Disperso (MED) de la Argentina. Del análisis conjunto y comparativo de los estudios de casos, surgen niveles standard de consumo y gasto mensual en sustitutos de energía eléctrica para iluminación y comunicación social según el nivel de ingresos de los hogares rurales. Esta información permitió diseñar el escenario de base actual del Programa de Abastecimiento Eléctrico a la Población Rural Argentina.

INTRODUCCIÓN

El Programa de Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural de Argentina (PAEPRA), que lleva a cabo la Secretaría de Energía, destinado a satisfacer las necesidades de iluminación y comunicación social del sector doméstico rural, requirió en primer instancia la identificación de las áreas sin posibilidad de abastecimiento eléctrico convencional, así como la cuantificación de la población involucrada en ellas. Para lograr ese primer objetivo se construyó una base de datos con información poblacional, socioeconómica y energética. Dicha base se incorporó a un sistema de información geográfico para permitir los análisis interactivos de la información. (ASADES 95) Una vez identificadas las áreas que integran el MED y determinada su población se comprobó que los niveles de desagregación de la información secundaria disponible en el país, e incorporadas a la base de datos, no superan las divisiones departamentales, lo que implica un englobamiento en lo referente a las diversas categorías de información (localización, socioeconómicas, de actividades productivas, etc.) del Área del Mercado Eléctrico Concentrado y Disperso. Esta globalización de la información no permite conocer las particularidades tanto sociales, económicas como de consumo energético de la población que integra el Mercado Eléctrico Disperso.

La oferta de servicios a esta población requiere la obtención de información con mayores niveles de detalle respecto a sus patrones de consumo, disposición a incorporar nuevas formas de abastecimiento, disponibilidad de pago, etc. para facilitar el diseño de la estrategia de servicio a ofrecer. Hoy en día brindar un servicio de calidad total implica partir de las necesidades de la población para satisfacerlas de la forma que ella considera apropiadas. (Calzón y Albrecht, 1995)

Por otra parte las características de los requerimientos energético del sector doméstico rural, pueden variar considerablemente de una zona a otra, aun dentro de la misma provincia. Cada área, por sus características bioclimáticas, culturales, socioeconómicas, etc. presentaran patrones globales de consumo energético diferentes, distintos grados de aceptación para la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento y distintas posibilidades de pago de una tarifa mensual. (CEPAL-IDEE, 1981). Estos niveles de detalle solamente pueden obtenerse a través de la implementación de encuestas, dirigidas en nuestro caso al sector doméstico rural de población que integra las áreas no abastecidas, y que permitan relevar la información necesaria para hacer una correcta evaluación del mercado.

ESTUDIOS DE CASO

A junio de 1997, esta Dirección, realizó encuestas en tres provincias argentinas en poblaciones con características socioeconómicas dispares y en provincias de distintas regiones del país. Los estudios de casos realizados son los siguientes:

- *Provincia de Santa Fe- Paraje Km. 70.800* (Dirección Investigación y Desarrollo, 1995) se encuentra en el Departamento de Vera, en el chaco santafecino que es el área de la provincia que posee el mayor número de hogares con necesidades básicas insatisfechas y que reúne unas 20.000 viviendas rurales sin energía eléctrica. Habitan en el Paraje 45 familias, 24 con un patrón de asentamiento relativamente concentrado y el resto disperso en un radio de 10 Km. El sistema productivo de la comunidad se efectiviza a través del aprovechamiento de los recursos naturales de que esta dotada el área. Monte de algarrobo y chañares y pasturas naturales. El monte posibilita la extracción de leña y la producción de carbón vegetal y las pasturas el desarrollo de una ganadería bovina extensiva. La estructura de la población por grupos de edades pone de manifiesto una alta tasa de natalidad y una fuerte emigración de los jóvenes. La población carece de servicio eléctrico.
- *Provincia de Jujuy. -El Moreno, Santuario de Tres Pozos y Cochinoca* (Dirección Investigación y Desarrollo, 1996) Las tres localidades se encuentran en el área Puna. Es una zona de clima frío continental y su rasgo más notable es su extrema aridez. Su economía depende fundamentalmente de la cría de ovejas, cabras y llamas y cultivos bajo riego en la temporada estival. Las localidades presentaban al momento de realizarse la encuesta distintas situaciones de abastecimiento eléctrico: El Moreno abastecida por un grupo diesel con servicio restringido de cuatro horas diarias. Santuario de Tres Pozos servicio eléctrico continuo suministrado por un híbrido solar-eólico. Y Cochinoca sin servicio eléctrico.
- *Provincia de La Rioja. -Parajes Chulo y El Mollar.* (Dirección Investigación y Desarrollo, 1996) Los parajes se encuentran en el departamento de Chamental perteneciente a la región de los Llanos. La población en general tiene una baja calidad de vida como consecuencia principalmente de la falta de agua. La base económica de estas poblaciones es la ganadería extensiva, fundamentalmente cabras, algunas ovejas y vacas. Las restricciones que impone el ecosistema de Los Llanos a una mayor diversificación de las actividades económicas es lo que produce la emigración de la población activa. Es frecuente

encontrar hogares constituidos por abuelos y nietos. Pero esta característica es también la que produce fuertes distorsiones en los ingresos, ya que se evidencia por el equipamiento de los hogares, el aporte de dinero de otras áreas. Los parajes encuestados carecen de abastecimiento eléctrico.

- *Pcia. de Santa Fe.* Paraje El Palmar. Comunidad Aborigen Mocoví. (Dirección Investigación y Desarrollo, 1997) La Comunidad se encuentra en el departamento de Obligado al norte de la provincia de Santa Fe sobre la ruta N 11. Habitan 14 familias con un total de 51 personas. Los hombres trabajan como jornaleros en la zona, en tareas de campo: carpida, cuidado de ganado, cosecha de algodón y tareas generales en los cultivos convencionales (soja, maíz y sorgo). Por estas tareas cobran \$10 por día, pero no tienen ingresos mensuales fijos.
- *Pcia. de La Rioja.* Parajes La Jarilla y Cuatro Esquinas. (Dirección Investigación y Desarrollo, 1997) Ambos parajes se encuentran en la región de Los Llanos en los departamentos de Peñaloza y Gral. San Martín respectivamente. La actividad económica predominante es la ganadería extensiva de vacunos y cabras. La Jarilla se encuentra a 27 Km. de la red eléctrica y Cuatro Esquinas a 40 Km. Se realizaron en total 30 encuestas.

POBLACIÓN SIN ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Si bien el número de estudios de casos no es lo suficiente amplio como para transformarse en una muestra representativa del Mercado Eléctrico Disperso total del país se pueden observar patrones standard de equipamiento, consumo, gasto, disposición a incorporar nuevas formas de abastecimiento y disposición de pago por el nuevo servicio de acuerdo con los niveles de ingresos relativos de la población.

Niveles de Ingresos En todos los estudios de casos se pudo segmentar la población encuestada, en una primera instancia, en tres niveles de ingresos relativos. Población con ingresos relativos *Altos, Medios y Bajos*. Esta segmentación se realizó teniendo en cuenta la relación existente entre el nivel de ingresos mensuales declarados por los encuestados (los trabajadores en relación de dependencia son quienes rápidamente declaran sus ingresos), la información suministrada por informantes claves de los ingresos que proporcionan las principales actividades económicas del lugar, el estado de conservación de la vivienda y los materiales con que está construida, el equipamiento con que cuenta para iluminación, comunicación social, conservación y cocción de alimentos.

La comparación de todos los casos encuestados permitió establecer una categorización más desagregada dividiendo los ingresos medios en dos categorías *Medios Altos y Medios Bajos*. Esta segmentación del sector de ingresos medios se realizó al comprobar una diferencia en el equipamiento y especialmente en las horas de uso diario del mismo. Así, por ejemplo, se incrementan las horas de uso del radio grabador y de los faroles a gas licuado, el segmento de ingresos medios altos incorpora el televisor a su equipamiento y según las condiciones climáticas del área la heladera a kerosene que usa en el período más caluroso (el segmento de ingresos Altos utiliza la heladera durante todo el año). De manera que la población rural se puede dividir en cuatro segmentos de ingresos relativos:

- *Ingresos Bajos:* Familias con un ingreso mensual inferior a los \$ 150.
- *Ingresos Medios Bajos:* Familias cuyos ingresos se encuentran entre los \$ 150 y \$250
- *Ingresos Medios Altos:* Familias cuyos ingresos oscilan entre \$250 y \$ 400
- *Ingresos Altos:* Familias que superan los \$400 de ingreso promedio mensual.

En los estudios de casos realizados, un 59% de las familias rurales tiene un ingreso mensual inferior a \$250. Sin embargo consideramos que a nivel nacional este porcentaje puede aumentar ya que una tercera parte de las encuestas realizadas (las realizadas en la provincia de La Rioja) registran un nivel de ingresos relativamente alto pues reciben ingresos adicionales de miembros de la familia que trabajan en los centros urbanos lo que engrosa el porcentaje de ingresos medios altos en relación a los medios bajos.

Equipamiento de los Hogares Rurales

Para iluminación: básicamente la población rural utiliza mecheros de kerosene y velas, sin embargo se puede observar que en la medida que el ingreso familiar lo permite se incorporan el farol a kerosene y/o gas licuado (es necesario destacar que en la Argentina el gas licuado tiene una amplia difusión territorial). Es frecuente encontrar estos artefactos en los hogares de ingresos medios bajos pero en ellos su uso se restringe a eventos especiales. Las familias de ingresos medios altos incrementan las horas de uso diario y en los grupos de más altos ingresos su uso reemplaza totalmente a velas y mecheros.

Para comunicación social: la radio se encuentra en todos los hogares rurales sin excepción. Sin embargo la cantidad de horas día utilizada varía con el nivel de ingresos. El radio grabador tiene gran difusión pero las familias de ingresos bajos la utilizan solo como radio según sus propias declaraciones "por que consume muchas pilas cuando se escuchan cassettes". En los hogares de ingresos medios bajos y especialmente cuando el grupo familiar está integrado por jóvenes el grabador se usa al menos una hora diaria. El televisor alimentado a baterías está presente en un alto porcentaje de los hogares de ingresos medios altos y altos dependiendo también de la composición por edades de la familia.

Para cocinar: los grupos de más bajo ingreso lo hacen en fogones alimentados a leña. La cocina a gas licuado comienza a incorporarse en los niveles de ingresos medios bajos pero limitándose su uso a los días de lluvia en los que no pueden utilizar el fogón al aire libre o bien a la mañana para el desayuno. Su uso se intensifica en las familias de mayor poder adquisitivo, reemplazando en el grupo de ingresos más altos totalmente a la leña.

Conservación de alimentos: La incorporación de heladeras al equipamiento del hogar recién se produce cuando la familia pertenece a los grupos de ingresos medios altos o altos. Generalmente las familias de ingresos medios altos solo la utilizan en los meses de más alta temperatura.

Consumo actual de energía para iluminación y comunicación social: En este rubro se pudo comprobar que gran parte de la población no tiene una idea clara de su consumo, incurriendo frecuentemente en exageraciones, es por esta razón que se trabajó teniendo en cuenta el equipamiento de que disponen y el promedio de horas de uso día. Pudiéndose establecer de esta forma patrones de consumo standard según el nivel de ingresos.

Familia tipo de ingresos bajos: El consumo de una familia tipo de nivel ingresos bajos es de al menos 2 litros de kerosene, 2 paquetes de velas grandes de cuatro unidades cada uno y 6 pilas comunes grandes que utilizan para escuchar radio.

Familias de Ingresos Medios Bajos: Las familias cuyos ingresos mensuales se encuentran entre los \$150 y \$250 consumen para iluminación 1 paquete de velas de 4 cuatro unidades al mes y unos cuatro litros de kerosene. Para comunicación social unas 6 pilas comunes para la radio y un mínimo de 2 alcalinas cuya mayor duración les permite escuchar cassettes

Familias de ingresos medios Alto: En los hogares de ingresos Medios altos (entre \$250 y \$400 mes) se incorpora el uso del farol a gas consumiendo al menos una garrafa de 3 Kg. Mes y el televisor que requiere como mínimo tres cargas mensuales de batería

Familias de altos ingresos: En el segmento de población de ingresos superiores a los \$400 por mes la utilización de faroles de kerosene a presión y de faroles a gas licuado reemplaza a los mecheros y velas alcanzando el consumo de kerosene a 4 litros y el de gas licuado a 6 Kg. por mes. Para comunicación social se observa un incremento en el consumo de pilas alcalinas, 4 en el mes y en la carga de batería para ver televisión

Gasto actual en iluminación y comunicación social: Para evaluar el gasto mensual en que incurre la población para satisfacer sus necesidades de iluminación y comunicación social se trabajo con el costo promedio de cada fuente utilizada (los costos varían en los estudios de caso pues cada poblado se encuentra en provincias distintas y a diferentes distancias de los centros de abastecimiento) El gasto en que incurre la población rural en substitutos de energía eléctrica varía entre un mínimo de \$7.00 y \$38.10, según sus niveles de ingresos. Si tenemos en cuenta que a nivel mundial el gasto en energía en que incurre la población rural para usos domésticos es entre un 10 y un 20% de sus ingresos, guarda una estrecha relación con los mismos.

- Familias con ingresos Bajos, menos \$150 por mes, gastan \$7.00
- Familias con ingresos Medios Bajos entre \$150 y \$250 su gasto asciende a \$13.40
- Familias con ingresos Medios Altos, entre \$250 y \$400, gastan \$26.45
- Familias con ingresos Altos, mas de \$400, gastan \$38.10 mensuales.

Composición del gasto: El análisis de composición del gasto por niveles de ingreso pone claramente de manifiesto que el mayor gasto de la población es en comunicación social (gasto en pilas y recarga de baterías). Aun en el segmento de bajos ingresos el 60% se emplea para comprar pilas, aumentando este porcentaje a 66% y 78% en los segmentos de ingresos medios bajos y altos respectivamente. Es en el grupo de ingresos altos donde una vez satisfechas sus necesidades de comunicación social se incrementa el gasto relativo en iluminación.

Grado aceptación del servicio propuesto y disposición de pago: En todos los estudios de casos realizados a la fecha el 80% de la población encuestada ve con agrado el suministro eléctrico a través del servicio individual ofrecido (sistema fotovoltaico) ante la imposibilidad de conectarse a la red. El segmento de población que no lo acepta está integrado por algunos habitantes de muy altos ingresos con grandes extensiones de tierra que quieren la red eléctrica convencional, pues la misma valoriza sus campos y otros pertenecientes al grupo más carenciado que consideran que no pueden pagar una tarifa mensual, cualquiera sea su valor. La población ve con agrado que una empresa se haga cargo del mantenimiento del servicio y ellos pagar un derecho de conexión y una tarifa mensual "como en la ciudad" En general los encuestados se inclinan por el servicio más pequeño ofrecido (un panel solar de 50 watt y una batería de 100 Ah) con una tarifa mensual de \$13 y un derecho de conexión de \$50 La aceptación de este servicio se generaliza cualquiera sea el nivel de ingresos, el comentario de la población, comienzan con el servicio básico y luego una vez probada la tecnología pueden ampliarlo. Los servicios de 250 (2 panel de 50 watt y 2 baterías de 100 Ah) y 500 (4 paneles de 50 watt y 4 baterías de 100 Ah) fueron elegidos por integrantes de hogares de ingresos medios (bajos y altos) y altos quienes están dispuestos a pagar en el primer caso \$20 mensuales y \$80 por derecho de conexión y en el segundo \$35 y \$120 respectivamente. Los valores que la población está dispuesta a pagar guarda una estrecha correlación con lo que gastan actualmente en iluminación y comunicación social y con sus niveles de ingresos.

POBLACIÓN CON ABASTECIMIENTO RESTRINGIDO (Grupo Diesel)

En la Puna jujeña se encuestó a la población de El Moreno (departamento de Tumbaya) población aglomerada que cuenta con servicio eléctrico restringido (cuatro horas diarias).

Situación actual de abastecimiento: El Moreno tiene una usina eléctrica de 48 KW. De potencia instalada, que a través de líneas de 6,2 kv. abastece a las 28 viviendas instaladas en la planta urbana, 3 comercios y a la escuela albergue, el puesto de salud, el Registro Civil, al salón de la Asociación Aborigen el Club Deportivo y la Iglesia. Cuenta también con alumbrado público con un total de 22 lámparas incandescentes de 200 w. El horario de funcionamiento de la usina es de 20 a 24 en el verano y de 18 a 22 en los meses de invierno. El 44% de las familias tienen dos o tres lámparas incandescentes, de 60w promedio cada una. La plancha es usada por el 50% de los encuestados al menos una hora en la semana. En el término de un año (fecha en que se instaló la antena parabólica) el 81% de los encuestados que tienen servicio eléctrico tienen televisor. Se trata de televisores de 21 pulgadas (marcas Philips y Telefunquen) y todos dicen tenerlos prendidos las cuatro horas que funciona la usina. Las horas en que no funciona la usina usan para iluminación velas y/o mecheros a kerosene no más de dos por familia y durante el día escuchan radio o radiograbador a pilas.

Gasto actual en iluminación y comunicación social: Por el suministro eléctrico las familias pagan \$4.50 por lámparita de diciembre a marzo y \$3.50 de abril a noviembre (la diferencia de tarifas es consecuencia de que en el período escolar se incorporan la escuela y los doce maestros que trabajan en ella). No se paga tarifa por los artefactos utilizados (planchas, televisores, radiograbadores, etc.) El 81% de los encuestados pagan una tarifa de \$9 por mes. Es decir la tarifa correspondiente a dos lámparas, es decir en algunos casos menor al número de lámparas instaladas. Además gastan otros \$9 en fuentes complementarias (durante las horas que no funciona la usina.) de los cuales el 80% corresponde a pilas para la radio y/o radiograbador. Es decir que la población está gastando, al menos, unos \$18 por mes para satisfacer sus necesidades de iluminación y comunicación social.

Valorización del sistema eléctrico rural: La población es consciente que de ahora en adelante tiene que solventar además del combustible los otros gastos del equipo. Por lo cual están dispuestos a hacer un uso racional de la energía. Por ejemplo,

utilizar los interruptores y apagar las lamparas innecesarias, reemplazar las lámparas incandescentes por las de bajo consumo, tanto para uso domiciliario como para el alumbrado público. Cuando se les da a conocer las distintas opciones tarifarias tentativas de acuerdo a la energía puesta disposición, el 81% de los encuestados opta por la opción de 14 KW/h/mes pero considera que por ella no paga mas que lo actual es decir \$9. La razón principal es que esta cantidad de energía solo les permite ver dos horas de TV. diarias y no pueden usar la plancha.

POBLACIÓN CON ABASTECIMIENTO CONTINUO (Sistema híbrido solar-eólico)

Solo se cuenta con una población encuestada con estas características de abastecimiento. Se trata del Santuario de Tres Pozos en la provincia de Jujuy, donde habitan 22 familias, con un ingreso promedio mensual que alcanza los \$150 a \$200.

Situación actual de abastecimiento: Esta población tiene un sistema de generación mixta solar eólica, que al momento de hacerse la encuesta hacia dos meses que estaba instalado. Las casas contaban como toda instalación eléctrica con un par de lamparas de bajo consumo, todas ellas con interruptor. Al momento la generación superaba el consumo, el aerogenerador se encontraba desconectado por resultar innecesario. Sin embargo la población utilizaba radios y radiograbadores a pilas debido a las interferencias que provocaba la red.

Gasto actual en iluminación y comunicación social: Cuando se realizo la encuesta la población recibía el suministro eléctrico en forma gratuita, sin embargo había conciencia de que en adelante deberían hacerse cargo de las reparaciones. El gasto mensual actual que insumen en pilas en promedio es \$3.70 sin embargo el %50 de la población encuestada supera los \$6.

Valorización del sistema eléctrico rural: El escaso equipamiento con que cuenta al momento la población hace que esta opte por 20 KW/h/mes que implica una tarifa de \$13. Pero consideran esta tarifa muy alta por el uso que le dan actualmente a la electricidad.

CONCLUSIÓN

El total de la población cualquiera sea su situación de abastecimiento actual es consciente de que debe pagar una tarifa mensual por la prestación de un servicio eléctrico.

La población sin abastecimiento eléctrico, en un 80%, tanto la que presenta un patrón de asentamiento concentrado como la del disperso, se mostró interesada en las posibilidades que brinda la conexión con sistemas individuales fotovoltaicos.

El 20% que es renuente a este tipo de abastecimiento pertenece, en parte, al grupo de ingresos mas bajos que dice no poder afrontar la tarifa mensual, cualquiera sea su valor o al grupo de ingresos mas altos que quieren el suministro eléctrico por red convencional.

Por el nivel de ingresos detectado entre la población rural pueden pagar una tarifa por el servicio eléctrico brindado. En algunos casos dada la estacionalidad de los ingresos, en lugar de una tarifa mensual seria necesario un pago bi o trimestral.

Dicho nivel de ingresos hace suponer que al menos un 80% de los potenciales usuarios del servicio están en condiciones de pagar al menos unos \$8 o \$9 mensuales lo que representaría no mas de un 10% de los ingresos mas bajos de la población rural y esta en concordancia con lo que gasta este segmento de población para iluminación y comunicación social en la actualidad.

La población con abastecimiento continuo (sistema híbrido solar-eólico que al momento de realizarse la encuesta, hacia sólo un mes que estaba instalado) tenía conciencia de que debía pagar en adelante una tarifa mensual.

La población con abastecimiento restringido (grupo diesel que brinda servicio cuatro horas diarias) estaba dispuesta pagar lo misma que abonaba en es momento \$9 por mes.

REFERENCIAS

- Calzón, J. Albrecht, K. (1995) "Como triunfar en la revolución del cliente" Seminario Internacional Price Waterhouse & Co. Change Integration Team. Buenos Aires.
- CEPAL-IDEA (1981) "Manual metodológico para la realización de estudios de requerimientos de energía abastecieres por fuentes de energías nuevas y renovables". Bariloche. Argentina.
- Dirección Investigación y Desarrollo. Subsecretaria de Energía Eléctrica. (1995) " Encuesta sobre Situación actual de Abastecimiento de Energía y. Disposición de Pago de un Servicio Eléctrico de Baja Tensión. Paraje Km. 70.8000. Departamento de Vera. Provincia de Santa Fe Bs.As
- Dirección Investigación y Desarrollo. Subsecretaria de Energía Eléctrica. (1996) " Encuesta sobre Situación actual de Abastecimiento de Energía y. Disposición de Pago de un Servicio Eléctrico de Baja Tensión. Poblaciones de Cochinoca, Tres Pozos y El Moreno. Departamentos de Tumbaya y Cochinoca. Provincia de Jujuy.
- Dirección Investigación y Desarrollo. Subsecretaria de Energía Eléctrica. (1996) " Encuesta sobre Situación actual de Abastecimiento de Energía y Agua. Disposición de pago de un servicio eléctrico de baja tensión. El Mollar y Chulo. Departamento de Chamental. Provincia de La Rioja. Bs.As.
- Dirección Investigación y Desarrollo. Subsecretaria de Energía Eléctrica. (1997) " Encuesta sobre Situación actual de Abastecimiento de Energía y. Disposición de Pago de un Servicio Eléctrico de Baja Tensión. Paraje El Palmar. Comunidad Aborigen Mocoví Departamento de Obligado. Provincia de Santa Fe.
- Dirección Investigación y Desarrollo. Subsecretaria de Energía Eléctrica. (1997) " Encuesta sobre Situación actual de Abastecimiento de Energía. Disposición de Pago de un Servicio Eléctrico de Baja Tensión. Parajes La Jarilla y Cuatro Esquinas. Provincia de La Rioja.

CONSERVACIÓN DE ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS: LOS ENCUENTROS CARACTERÍSTICOS DE LOS CERRAMIENTOS TRANSLÚCIDOS

Carlos María Gentile (*), Elias Rosenfeld (**), Susana Estela Stange (***)

Instituto de Estudios del Hábitat, IDEHAB U.I. N° 2
FAU. UNLP. Calle 47 n° 162. Telefax 021-214705
c.c 478 (1900) La Plata . Argentina.
E-mail cgentile@isis.unlp.edu.ar

RESUMEN.

El objetivo del estudio es proponer soluciones y recomendaciones alternativas para la instalación de los aventanamientos en los muros de las viviendas de nuestra zona (2). Incluye las alternativas surgidas de combinar vidrios de diferentes espesores, como la situación de aberturas protegidas con cortinas exteriores (PVC o madera). El trabajo de modelización como del análisis propiamente dicho, se realizó con el programa simulador por diferencias finitas, HEAT2 (4). Se tuvieron en cuenta las tipologías existentes en plaza, realizadas en aluminio y en madera. Para la consideración del elemento transparente (vidrio), se tomaron como referencia los "Boletines informativos" VASA-BLINDEX; de los mismos se extrajeron las recomendaciones de diseño y de elección de vidrios y sus combinaciones.

INTRODUCCIÓN.

Este proyecto se inscribe en una serie de trabajos anteriores realizados en esta Unidad de Investigación (5). En los mismos se analizó el comportamiento energético de conjuntos habitacionales, abordando además el tema de las condensaciones superficiales en los encuentros muro-suelo y muro-cubierta, a los efectos de encontrar soluciones constructivas que eviten este fenómeno (1).

En esta oportunidad, y como continuación de los mismos, presentamos el estudio de los encuentros de las aberturas translúcidas (aventanamientos) con los muros que las contiene. La evaluación del comportamiento de las carpinterías y su vínculos con los muros, permite detectar las zonas de condensación, y los puentes térmicos.

En el mismo hemos analizado las alternativas constructivas más usuales, en lo que hace a la elección de los materiales y a sus posibles combinaciones.

METODOLOGÍA.

El desarrollo del trabajo consistió en la modelización de las carpinterías y su vínculo con el muro; lo que permitió visualizar el comportamiento de las áreas opacas y translúcidas, la distribución de las isotermas y los puentes térmicos que pudieren aparecer.

Comprendió las siguientes etapas:

- a) Análisis de carpinterías de marco o de aluminio, con vidrios simples y dobles, sin protección exterior.
- b) Análisis de carpinterías de marco o de aluminio, con vidrio simple y cortina protectora exterior de PVC.
- c) Análisis de carpinterías de marco o de madera, con vidrio simple, sin protección exterior.
- d) Análisis de carpinterías de marco de madera, con vidrio simple y cortina protectora exterior de PVC.
- e) Análisis de carpinterías de marco de aluminio, con vidrio simple, cortina protectora exterior de PVC y cajón taparrollo de yeso sin aislar y aislado interiormente.
- f) Análisis de carpintería de marco de aluminio, con vidrio doble hermético, sin cortina y con cortina protectora exterior de PVC.

A efectos de ejemplificar las etapas seguidas, se consideraron las siguientes combinaciones de marco-vidrio y marco-vidrio-cortina protectora exterior :

- 1° Marco de aluminio, vidrio simple 6 mm, sin cortina exterior de protección.
- 2° Marco de aluminio, vidrio doble 6+6 mm, sin cortina exterior de protección.
- 3° Marco de aluminio, vidrio simple 6 mm, con cortina exterior de PVC.
- 4° Marco de madera, vidrio simple 6 mm, sin cortina exterior de protección.
- 5° Marco de madera, vidrio simple 6 mm, con cortina exterior de PVC.
- 6° Marco de aluminio, vidrio simple 6 mm, con cortina exterior de PVC y taparrollo de yeso sin aislar.
- 7° Marco de aluminio, vidrio simple 6 mm, con cortina exterior de PVC y taparrollo de yeso aislado.
- 8° Marco de madera, vidrio doble hermético, 6 mm + 6 mm c/cámara 12 mm estanca, sin cortina exterior de PVC.
- 9° Marco de madera, vidrio doble hermético, 6 mm + 6 mm c/cámara 12 mm estanca, con cortina exterior de PVC.

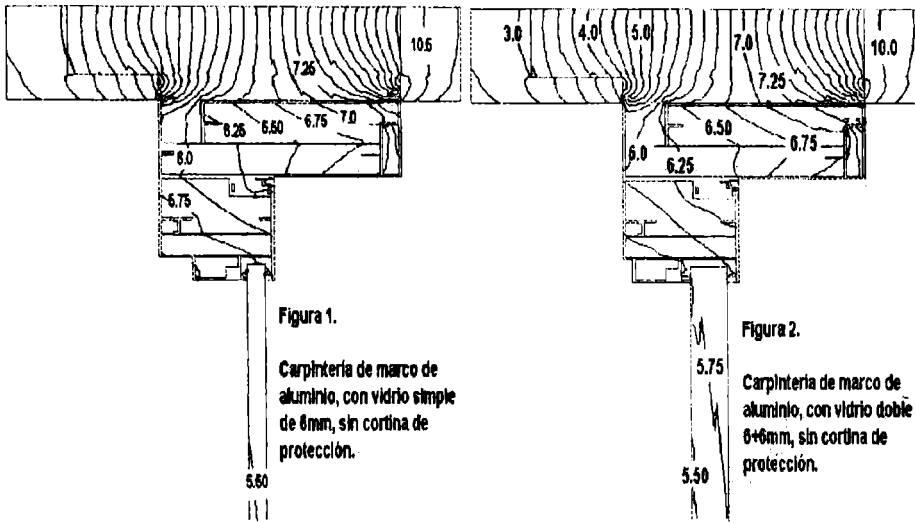
El muro que contiene a las carpinterías es simple, de 15 cm de espesor, recubierto exteriormente con revoque grueso reforzado y fino a la cal; la terminación interior es de revoque grueso y fino a la cal. Las temperaturas y resistencias superficiales asumidas fueron las siguientes:

* Docente - Investigador UNLP ** Investigador CONICET. *** Docente - Investigador UNLP.

Text.	1.5 °C	Hr = 50 % (Temp. Rocío = 7.9 °C)
Tint.	18.0 °C	Hr = 70 % (Temp. Rocío = 12.8 °C)
Rse.	0.04 m ² .°C/W	
Rsi. (vert.)	0.13 m ² .°C/W	
Rsi. (horiz.)	0.12 m ² .°C/W	

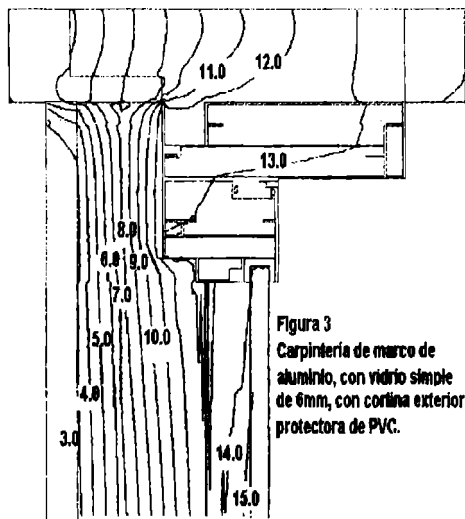
A continuación se presentan seis casos de características interesantes:

CASO a : Carpintería de marco de aluminio con vidrio simple, sin protección exterior.



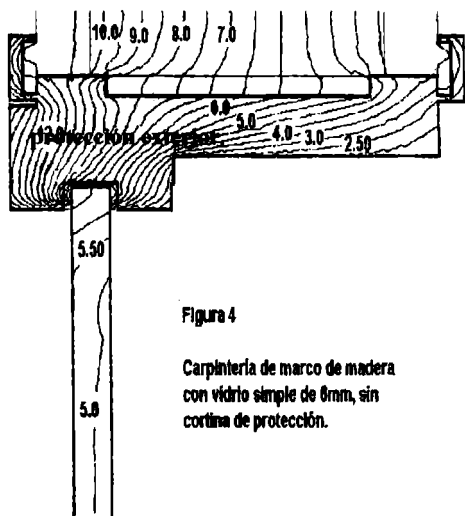
Es el caso de las figuras 1 y 2, donde puede apreciarse la distribución de la temperatura resultante. Es notable el salto de las isotermas de 6,75 °C y 7,00 °C, que desde el tercio medio del muro, se proyecta sobre la cara interior del marco de aluminio; nótese el puente formado por el travesaño horizontal interno de la perfilera de aluminio ($k = 160 \text{ W/m}^\circ\text{K}$). Las pérdidas son muy grandes en el vidrio propiamente dicho; para espesores de vidrio de 6 mm y 8 mm ($k = 5,4 \text{ W/m}^\circ\text{K}$), la isoterma más próxima a la cara interior, es la de 5,75 °C, la que

está por debajo de la temperatura de rocío, para una Hr = 50% , donde el riesgo de condensación superficial es muy alto (figura 1). El empleo de unidades de vidrio doble permite reducir el valor del k en casi un 50%, disminuyendo proporcionalmente las pérdidas. Para una cámara del orden de los 10 mm, el valor de k se reduce a 3,2 W/m °K. Pese a ello, el comportamiento general de la abertura, no mejora mucho. (figura 2).



CASO b: Carpintería de marco de aluminio con vidrio simple, con cortina exterior protectora de PVC .

Una mejora considerable se obtiene al incorporar protección externa mediante cortinas de PVC (figura 3). La cámara de aire que se forma entre el vidrio y la cortina propiamente dicha, contribuye a amortiguar los efectos de la variación de temperatura interior / exterior. Las isotermas de 6,75 °C y 7,00 °C se alejan considerablemente del interior, yendo a localizarse próxima a la superficie de la cortina externa. El cuerpo vidriado es recorrido por las isotermas de 15,0 °C y 15,5 °C, lo que aleja el riesgo de condensación superficial. Este análisis se realizó considerando al aire estanco; en próximos trabajos, analizaremos la situación en estado dinámico; esto nos permitirá cotejar resultados y poder proponer soluciones más acordes con la realidad.



CASO c: Carpintería de marco de madera con vidrio simple, sin protección

Una alternativa constructiva, es la utilización de marcos de madera, lo que mejora los puentes térmicos que se forman con las carpinterías de aluminio. Al pasar de un $k = 160 \text{ W/m}^\circ\text{K}$, para el aluminio, a un $k = 0.14 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ para una madera de 600 kg/m³ de densidad, la mejora es notable. El comportamiento del marco de madera, evita la formación de puentes peligrosos en él. Esto no impide la condensación en el vidrio (figura 4), la temperatura sigue siendo baja y el riesgo de condensación superficial es grande. La variación del espesor del vidrio no aporta mejora alguna, ya que el valor de k no varía significativamente, ni con la incorporación de un film de PVB.

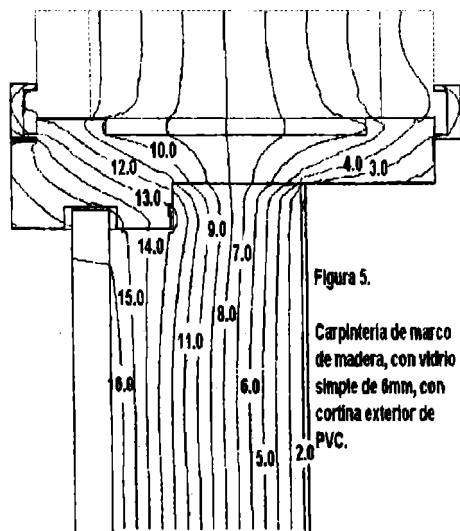


Figura 5.
Carpintería de marco de madera, con vidrio simple de 6mm, con cortina exterior de PVC.

CASO d : Carpintería de marco de madera, con cortina exterior protectora.

Como en el caso de las carpinterías de aluminio, se obtiene una mejora al colocar una protección externa. Al incorporar una protección de PVC, conformamos una cámara de aire semi-estanca, a lo que se agrega la resistencia propia de la cortina. Las isotermas de 15.5 °C y 16.0 °C se ubican por detrás del vidrio, en la cámara formada entre el vidrio y la cortina. (figura 5), el riesgo de condensación se reduce y no se aprecian puentes en el cuerpo del marco.

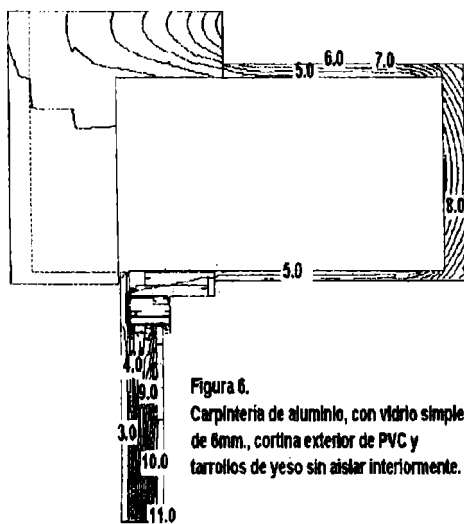


Figura 6.
Carpintería de aluminio, con vidrio simple de 6mm, cortina exterior de PVC y tarrolos de yeso sin aislar internamente.

CASO e : Carpintería de marco de aluminio, con vidrio simple, cortina protectora exterior de PVC y cajón taparrollo de yeso sin aislar y aislado internamente.

Es el caso de la figura 6, la cámara de aire formada por el cajón taparrollo, está a la temperatura ambiente exterior, pues no tiene ningún cierre en la abertura de paso de la cortina de PVC; y dado el poco espesor con que se los construye (no más de 20 mm) y un $k = 0.30 \text{ W/m.K}$, la capacidad para aislar es muy baja. Podemos apreciar las isotermas de 8.0 °C en el espesor del cajón, el resto de la carpintería se comporta similarmente a los casos vistos anteriormente.

Se impone, entonces, proceder a mejorar la capacidad aislante del taparrollo. Los fabricantes de productos para éste propósito recomiendan aislar en las caras interiores del mismo; los resultados pueden apreciarse en la figura 7; donde la mejora es notable; el cuerpo del taparrollo está a una temperatura superficial de 16.0°C aproximadamente, lo que aleja el riesgo de condensación en la superficie, con el consiguiente deterioro del material.

CASO f : Carpintería de marco de aluminio, vidrio doble hermético, sin cortina y con cortina exterior de PVC.

Es el caso de colocar vidrios dobles herméticos ($k = 2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$) en una carpintería como la expuesta en la figura 1; el comportamiento del vidrio se aprecia en la figura 8, las isotermas de 11.0°C y 12.0°C se ubican sobre el vidrio interior, superando notablemente los 5.50°C del vidrio simple, pese a ello no aleja el riesgo de condensar superficialmente. La estanqueidad de la cámara debe ser asegurada ya que el vidrio exterior se encuentra a una temperatura de 5.0°C y el riesgo de condensación, dentro de la misma cámara, es grande.

Al incorporar la cortina de PVC, el sistema se comporta bien, pues a la mejora del vidrio doble, se agrega el aporte, de la protección exterior. (figura 9).

La distribución de temperatura en la totalidad es más uniforme; el vidrio interior se encuentra entre 14.0°C y 15.0°C lo que aleja el peligro de condensaciones superficiales. La cámara de aire es más estable, pues ahora las temperaturas son del orden de los 10.0°C a 14.0°C; nótese asimismo el comportamiento del perfil de la carpintería propiamente, el puente que acercaba la isoterma de 7.5°C al interior del mismo en la figura 8, ha desaparecido por la acción de la cortina y la aislación interna del taparrollo.

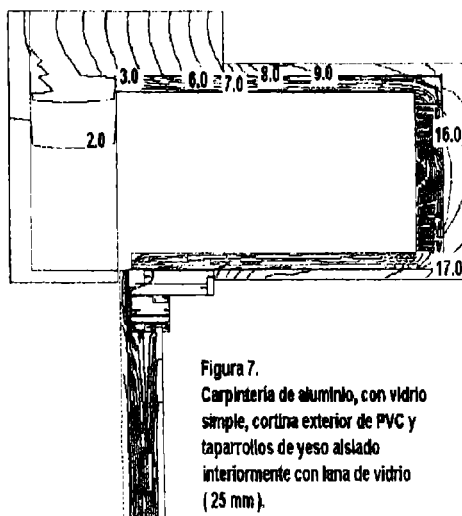


Figura 7.
Carpintería de aluminio, con vidrio simple, cortina exterior de PVC y taparrollos de yeso aislado internamente con lana de vidrio (25 mm).

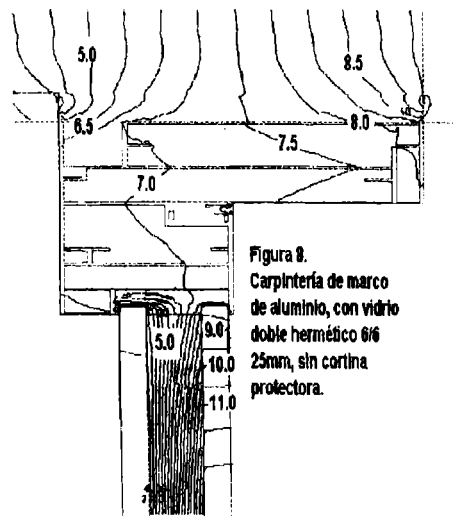


Figura 8.
Carpintería de marco de aluminio, con vidrio doble hermético de 25mm, sin cortina protectora.

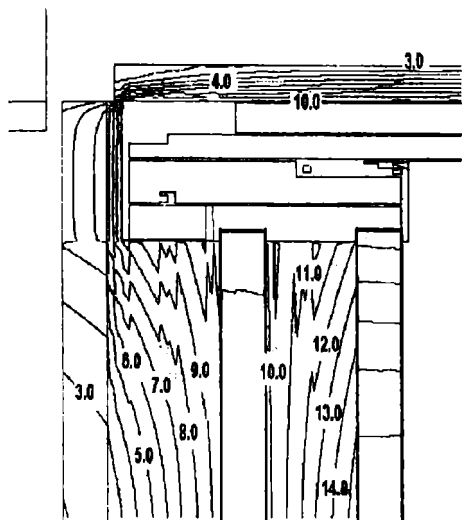


Figura 9.

Conclusiones.

Definir una estrategia de acondicionamiento y diseño que nos permitan mejorar la calidad de vida y ahorro energético, es necesario en un entorno tan variado como son las zonas climáticas de la provincia de Buenos Aires. La disponibilidad, cada vez mayor, de las diversas características de los materiales, como de programas de simulación numérica (4), permiten modelar y optimizar teóricamente, las diferentes alternativas constructivas para los cerramientos transparentes y translúcidos que conforman las viviendas, detectar sus zonas de riesgo de condensación superficial y los puentes térmicos que puedan generarse. Plantear alternativas posibles en el diseño optimizado de las aberturas en la vivienda, no es sencillo; la disponibilidad de diversos materiales que las conforman, como las diferentes calidades de los mismos, nos llevan a considerar cada caso en particular, sea por ubicación climática, sea por mercado disponible. Pese al análisis limitado que hemos presentado se desprenden algunas recomendaciones, que por ser repetidas, no dejan de ser importantes.

En el caso de la zona 5, templado cálido o muy húmedo (2), se impone utilizar materiales para conformar los marcos, de un k lo más bajo posible, a efectos de eliminar los puentes que se puedan generar. La utilización de vidrio simple lleva a la necesidad de proteger exteriormente a los mismos.

Una alternativa, más costosa pero segura, es la del vidrioado doble hermético, con protección externa, lo que permite lograr una mejor sensación de confort interno, por tener las superficies interiores a temperatura más altas.

El caso particular de los taparrollos, donde las filtraciones son grandes y grandes también las pérdidas, obliga a un tratamiento más pormenorizado de lo que habitualmente se acostumbra. Aislar interiormente y mejorar la estanqueidad del mismo es imprescindible.

Este trabajo es continuación de otros anteriores (3 y 5), en especial el que trata de los cerramientos opacos (1), realizado con los mismos criterios y métodos evaluativos, en la idea de ir completando el catálogo "Recomendaciones de Diseño" (5) para la región. Por ello queda planteada una próxima etapa de profundización de las tipologías analizadas hasta la fecha.

REFERENCIAS.

- 1.- Carlos M. Gentile, Elias Rosenfeld. "Conservación de Energía en los edificios: los encuentros característicos de cerramientos opacos". ASADES '96, Mar del Plata, 1996.
- 2.- Regionalización Bioclimática de la Provincia de Buenos Aires. Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elias. ASADES XV, pág. 1-9, 1992.
- 3.- Elias Rosenfeld. "Pautas para mejorar la habitabilidad higrotérmica en la Pcia. de Buenos Aires" ASADES XVI, pág. 81 - 86. La Plata. 1993.
- 4.- Thomas Blomberg. HEAT2 . Heat Transfer - PC Program . Departament of Building . Lund University . Sweden . 1995. LUSAS. FEA Ltd. Finite Element System. United Kingdom.
- 5.- UI N°2 "Hábitat y Energía". IDEHAB . FAU . UNLP.

INCORPORACIÓN DE LOS MÓDULOS EDIFICIOS ENERGÉTICOS PRODUCTIVOS (MEEP) DE EDUCACIÓN A LA BIBLIOTECA INFORMATIZADA.

ROSENFELD, Yael*; MARTINI, Irene**; DÍSCOLI, Carlos***; ROSENFELD, Elías***.

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Unidad de Investigación N°2.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 47 N°162 La Plata, Buenos Aires. FAX (021) 21-4705.

RESUMEN

Se presentan los avances realizados y la ampliación del catálogo tipológico informatizado de Módulos Edificios Energéticos Productivos (MEEP) abarcando el subsector educación. La incorporación de los MEEP de educación nos permite ampliar el conocimiento integral de las redes edilicias del terciario. El trabajo muestra el desarrollo de un MEEP teórico y el estado del arte de la biblioteca de archivos.

INTRODUCCIÓN

A partir de trabajos presentados en reuniones anteriores, se presenta la incorporación de los MEEP de educación a la biblioteca informatizada existente. Esto implica modular los diferenciales de prestación a través de la evaluación de la interacción entre los espacios físicos, la envolvente, la infraestructura, el uso y el consumo de energía. Asimismo nos permite comprender la participación de cada sector particularizado en la globalidad de los sistemas de educación, y de dicho sistema en la totalidad de las redes edilicias del terciario.

Debido a la cantidad de establecimientos comprendidos en la red en estudio y a la diversidad de tipologías edilicias, es que se centró el estudio en los tipos más representativos de la microregión del Gran La Plata.

El subsector educación está inserto dentro de un proyecto de investigación denominado "EDUBAIRES. Mejoramiento de la gestión de educación de la Provincia de Buenos Aires", en el que se plantea desarrollar un método de control y diagnóstico temprano que incluya las variables críticas y sus interacciones, abarcando las diferentes escalas: desde lo regional hasta lo tipológico-edificio¹.

La metodología desarrollada para el subsector salud en base a las necesidades teóricas de los diferenciales de prestación, se adaptó y ajustó para el subsector educación teniendo en cuenta las siguientes características: i- uso discontinuo: período lectivo o período de receso; ii- calor aportado por persona; iii- relación entre superficie, cantidad de personas y horas de uso.

A modo de ejemplo se expone el desarrollo del MEEP teórico de un aula común perteneciente a una escuela primaria.

METODOLOGÍA

A partir de la metodología desarrollada en trabajos anteriores, se comenzó la transferencia hacia la red de educación, siendo otra de las redes en estudio por el grupo de investigación.

La red de educación cuenta con establecimientos de distintos niveles educativos: inicial, educación general básica (ex-primaria), polimodal (antes dividida en enseñanza media, técnica, etc.), terciario, universitario y especial. En muchos casos, un mismo establecimiento es compartido por varios niveles en diferentes turnos. Sin embargo se observa cierta similitud entre los locales de servicios homólogos.

Al igual que para el caso salud, los distintos sectores de los establecimientos se agrupan, teniendo en cuenta las particularidades de cada caso, determinándose áreas diferenciadas según el tipo de prestación. Dentro de cada una de estas áreas se consideran los distintos servicios que la conforman. A modo de aproximación inicial se definieron las siguientes áreas:

AU	Aulas: Comunes, Taller, etc.
DM	Sectores administrativos: Dirección, Secretaría, Administración, Tesorería, Cooperadora, etc.
SM	Salones de usos múltiples: Salón de usos múltiples, Salón de actos, etc.
DE	Áreas deportivas y de esparcimiento: Patio cubierto, patio, etc.
GE	Gabinetes específicos: Sala de computación, Laboratorio, Gabinete Psicológico, etc.
AX	Servicios Auxiliares y de apoyo: Cocina, Comedor, Sala de maestros, Portería, etc.

Se plantea el ajuste a la metodología desarrollada hasta entonces en función de las particularidades del subsector. Por un lado consideramos el uso discontinuo que presentan los establecimientos de esta red, contemplando el período lectivo y los períodos de receso; y por otro lado, el calor aportado por las personas que ocupan el módulo. Esto implica una redefinición de los factores de ocupación, un ajuste de la variable del calor aportado por persona, una evaluación de la relación entre

* Becaria Formación Superior UNLP.

** Becaria Perfeccionamiento UNLP.

*** Investigador CONICET

superficie, cantidad de personas, horas de uso y un análisis particularizado en algunos casos como ser: escuelas con bibliotecas comunitarias; comedores escolares que funcionan todo el año; establecimientos que comparten el edificio con otras actividades, etc. Es evidente que los parámetros mencionados anteriormente son los que cobran mayor peso en el análisis de aportes y pérdidas energéticas.

ESTADO DEL ARTE DE LA BIBLIOTECA INFORMATIZADA DE MEEP.

El lenguaje de programación adoptado para el desarrollo de la biblioteca informatizada existente es el Clarion para Windows. El sistema opera en forma autónoma y compatible al resto de las herramientas y sistemas informáticos desarrollados para el subsector salud, con el objeto de obtener resultados utilizables para el resto de las bases de datos.²

La base de datos principal sintetiza la información de cada MEEP referente a:

- tipo de análisis: teórico, real, optimizado, análisis comparativo;
- indentificación del MEEP y área de pertenencia (salud, educación, etc.);
- características generales: localización, dimensiones, tipo de envolvente, temperatura, orientación, etc.;
- datos correspondientes al sistema de iluminación: tipo y cantidad de artefactos, horas de uso;
- valores de cálculo de consumo para climatización, desagregado en aportes y pérdidas por ocupación, ganancia directa por ventana, iluminación, renovaciones de aire y envolvente;
- resultados parciales y totales del MEEP con los valores del MEEP teórico equivalente.

Los resultados de iluminación, equipamiento y climatización del análisis teórico, real u optimizado de cada MEEP se resumen en una pantalla final lo cual permiten ser comparados con cualquier módulo que contenga la base de datos ya sea de un mismo subsector o de distintos subsectores.

La base principal se complementa con una serie de bases auxiliares que contiene la información referente a: características climáticas, sistemas de iluminación, valores mínimos de iluminación según tipo de local, valores de ganancia por ventanas, características de materiales, sistemas constructivos, etc.³

Hasta el momento se han desarrollado para el subsector salud, quince MEEP teóricos^{4 5}; ocho MEEP reales^{6 7} y se está completando el relevamiento del Hospital Velez Sarsfield en Liniers. A partir de la contrastación y el análisis de la información obtenida de los MEEP reales y teóricos se obtuvieron los primeros MEEP optimizados.

Con respecto al subsector educación se plantea el desarrollo de los mismos tipos (teóricos, reales y optimizados) de los cuales se ha comenzado a desarrollar los MEEP teóricos, estudiados a partir de tipologías representativas del sistema edilicio de dicha red. Hasta el momento se ha desarrollado una primera serie de MEEP teóricos correspondientes a las siguientes áreas:

- AU1. Aula común- Jardín de Infantes.
- AU2. Aula común- Escuela Primaria.
- AX1. Cocina- Jardín de Infantes
- DM1. Dirección y sala de docentes- Jardín de Infantes.

DESARROLLO UN MEEP TEORICO DEL SUBSECTOR EDUCACIÓN.

El cálculo de los diferenciales de prestación se desarrolla a partir de la evaluación entre las interacciones de los espacios físicos, la envolvente, la infraestructura, el uso y consumo de energía. Esta red se caracteriza por concentrar en un espacio físico reducido un número importante de personas en un tiempo acotado (ocho horas) y un período lectivo de nueve meses, afectando así al resto de las variables analizadas. Los resultados obtenidos se están contrastando con simulaciones desarrolladas en el grupo de investigación.⁸

Se presenta el desarrollo de las necesidades energéticas del módulo aula de una escuela primaria tipológicamente representativa de la red en estudio. Las variables intervinientes se desagregan de la siguiente manera:

a. Consumo de iluminación.

El cálculo se realiza solamente para iluminación general, considerando dos turnos (mañana y tarde) de cuatro horas cada uno. El nivel lumínico necesario en el plano de trabajo se obtuvo de bibliografía que presenta los valores mínimos para cada módulo⁹. Al valor obtenido, se le suma un Factor de Corrección que depende de las características de absorción de la envolvente y de la distancia del artefacto de iluminación al plano de trabajo. Se considera un nivel lumínico de 500 lux sobre el plano de trabajo (situado a una altura de 0,80 m del piso), y un Factor de Corrección de 0,4 (40%) correspondiente al promedio de todos los paramentos (cielorraso y paredes de color claros).

$$\begin{aligned} E_{il} &= 500 \text{ lux} \cdot 39 \text{ m}^2 \cdot 1/80 \text{ lumen/w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \\ E_{il} &= 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 + F_c \\ E_{il} &= 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,4 \cdot 0,05 \text{ kwh/día.m}^2 = \\ E_{il} &= 0,07 \text{ kwh/día.m}^2 \end{aligned}$$

b. Consumo de climatización.

Las necesidades de climatización se determinan en base a los aportes y las pérdidas de energía sin considerar el equipamiento electromecánico ya que para este caso se considera irrelevante. Por lo tanto el cálculo se realiza apartir de las siguientes variables: ocupación, iluminación, ganancia directa por ventana (GAD), renovaciones de aire y envolvente. Resultando la ecuación de la siguiente manera:

$$E_{cli} = E_{il} + E_{oc} + E_{GAD} + E_{ren} + E_{env}$$

b1. Aportes de calor por ocupación.

Para éste caso se consideran 25 alumnos (entre 6 y 12 años) con un aporte de 70 w por persona y un maestro con un aporte de 100 w. Con respecto al tiempo de ocupación diaria (hs/día) se adoptaron dos turnos de cuatro horas cada uno siendo el factor de ocupación de 0,34.

$$E_{ocup1} = 100 \text{ w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 1 \text{ p} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \cdot 0,34 = 0,007 \text{ kwh/día.m}^2 \quad (1 \text{ maestro})$$

$$E_{ocup2} = 70 \text{ w} \cdot 1/1000 \cdot 8 \text{ hs} \cdot 25 \text{ p} \cdot 1/39 \text{ m}^2 \cdot 0,34 = 0,122 \text{ kwh/día.m}^2 \quad (25 \text{ alumnos})$$

$$E_{ocup} = E_{ocup1} + E_{ocup2}$$

$$E_{ocup} = 0,129 \text{ kwh/día.m}^2$$

b2. Aportes de calor por iluminación.

Nos remitimos al valor calculado en el punto a, tomando en este caso un rendimiento calórico de 0,2 para las lámparas de bajo consumo.

$$E_{il} = 0,070 \text{ kwh/día.m}^2 \cdot 0,2$$

$$E_{il} = 0,014 \text{ kwh/día.m}^2$$

b3. Aportes de calor por Ganancia Directa por Radiación Solar a través de ventanas (GAD).

El cálculo se realiza en base a una superficie vidriada de 4,8 m² sin protección, orientada al Este y vidrio simple.

$$E_{GAD} = 4,9 \text{ MJ/m}^2 \cdot 1000 \cdot 4,8 \text{ m}^2 \cdot 1/3600/39 \text{ m}^2$$

$$E_{GAD} = 0,167 \text{ kwh/día.m}^2$$

b4. Pérdidas de calor por renovaciones de aire.

Para la zona en estudio, el Gran La Plata, se consideraron: 6°C Grados día día (GDD), una densidad del aire de 1,3 kg/m³, una entalpía del aire de 0,99kj/kg°C y renovaciones horarias de 9 vol/h.¹⁰

$$E_{ren} = 39 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} \cdot 9 \text{ vol/h} \cdot 1,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,99 \text{ kj/kg}^\circ\text{C} \cdot 24/3600 \text{ seg} \cdot 6^\circ\text{C} \cdot 1/39 \text{ m}^2$$

$$E_{ren} = 1,390 \text{ kwh/día.m}^2$$

b5. Pérdidas de calor por envolvente.

Las pérdidas energéticas por envolvente dependen fundamentalmente de las características del sistema constructivo y el grado de exposición que tenga el módulo con respecto al exterior. Como ejemplo se analiza un sistema constructivo tradicional con pared de 0,20 (K= 2,21 w/m²°C) y techo de chapa (K= 1,44 w/m²°C). Se lo considera expuesto en dos de sus caras y techo.

$$E_{env} = E_{env. Opaca} + E_{env. Transp.}$$

$$E_{env} = (2,21 \text{ w/m}^2 \cdot 29,2 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2 + 1,44 \text{ w/m}^2 \cdot 39 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2 + 5,8 \text{ w/m}^2 \cdot 4,8 \text{ m}^2/39 \text{ m}^2) \cdot 24/1000 \cdot 6^\circ\text{C}$$

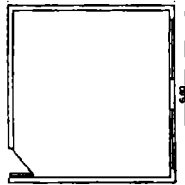
$$E_{env} = 0,547 \text{ kwh/día.m}^2$$

La incorporación de las variables calculadas a la ecuación general de climatización nos da el siguiente resultado:

$$E_{clim} = 0,014 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,129 \text{ kwh/día.m}^2 + 0,167 \text{ kwh/día.m}^2 - 1,390 \text{ kwh/día.m}^2 - 0,547 \text{ kwh/día.m}^2$$

$$E_{clim} = 1,627 \text{ kwh/día.m}^2$$

Denominación: AULA - ESCUELA PRIMARIA	TEORICO	MEEP
Area: Aulas	Fecha: 08/97	AU2

GRAFICA	REFERENCIAS	DATOS GENERALES
		Sist.Constr.: tradicional Orientación: E Superficie: 39 m ² Sup.opaca ext.: 13,20 m ² Sup.transp.ext.: 4,8 m ² Sup.techo: 39 m ² Altura: 3 m (promedio) T°Int.: 20°C GD: 994 T°Media ext.: 17,5°C

ILUMINACION				EQUIPAMIENTO	
General	500 lux	8 hs	0,4	El consumo por equipamiento se considera irrelevante.	
TOTAL Kwh/día.m ²				0,070	TOTAL Kwh/día.m ²

CLIMATIZACION					
Ocupación	GAD	Renovación	Envolvente	Ilum.	TOTAL
Cant.: 25 p Hs.: 8 F.O.: 0,34	Sin prot. Vid Simp.	Cant.: 9 vol./h D.Aire: 1,3 Kg/m ³ Ent: 0,99 KJ/Kg°C	Ksup.op: 2,21kw/m ² °C Ksup.tr: 5,8kw/m ² °C K.techo: 1,44kw/m ² °C	0,014	Kwh/díam ²
0,129	0,167	1,390	0,547	0,000	1,627

	Teorico	OBSERVACIONES
	Kwh/día.m ²	
Iluminación	0,070	
Equipamiento	0,000	
Climatización	1,627	
MEEP	1,697	

La ficha que se presenta resume los datos y resultados obtenidos.

CONCLUSIONES.

La biblioteca de MEEP informatizada permite agilizar el cálculo y la verificación de variables edilicio-energético-productivo con el objetivo de complementar el diagnóstico temprano y control de las redes. El conocimiento específico de cada módulo, a partir del estudio de los MEEP, permite determinar valores teóricos globales de cada establecimiento y comprender la participación de los distintos subsectores en la globalidad de los sistemas edilicios de las redes del terciario. Esto nos posibilita evaluar el peso energético teórico, determinando áreas de concentración y posibles yacimientos de ahorro. Asimismo, cada módulo puede ser comparado con otros del mismo establecimiento, y con homólogos de diferentes establecimientos de la misma red y de otras redes de servicios analizadas.

Se verifica que la metodología de análisis desarrollada para el subsector salud es transferible a la del subsector educación. Los ajustes realizados surgen de la necesidad de dar respuesta al uso discontinuo y a la relación existente entre superficie, cantidad de personas y horas de uso. Para este caso (un aula común de una escuela primaria), el estudio se realizó para el periodo lectivo, fijando para el periodo de receso un valor mínimo. Con respecto a la relación entre superficie y cantidad de personas para los turnos considerados, se observa un área de 1,5m² por persona durante ocho horas diarias y nueve meses por año. Este subsector se caracteriza por tener una importante concentración en la relación espacio-usuario.

Aparece claro, que la incorporación de los MEEP teóricos de educación a la biblioteca informatizada nos permite ampliar el conocimiento referido a las redes edilicias del terciario y poder comprender la relación entre ellos y la globalidad de las redes. Asimismo se amplía la información referida a los insumos de los sistemas de diagnóstico temprano de la gestión energo-productiva.

REFERENCIAS

1. G. San Juan et. al. "Sistema de diagnóstico y mejoramiento de la red de educación pública de la provincia de Buenos Aires." Seminario Internacional "La gestión del Territorio. Problemas ambientales y urbanos", CEI-UNQ, Quilmes, 1995.
2. Y. Rosenfeld et. al. "Sistematización y biblioteca de Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) del subsector salud." ASADES 1996. Mar del Plata.
3. Op. Cit. Nota 2.
4. Discoli et al. "Biblioteca de Módulos Edilicios Energo Productivos (MEEP) para el Subsector Salud." ASADES 1994. Rosario.
5. Discoli et. al. "Normalización de los sectores Energo-Productivos de la red Edilicia de Salud." III Encuentro Nacional. I Encuentro Latino- Americano de Conforto del Ambiente Construido.
6. Martini Et. al. "Sistematización de los Servicios de Salud. Biblioteca de Módulos Edilicios Productivos (MEP) y su verificación en el ámbito de estudio." ASADES 1995. San Luis.
7. Rosenfeld et. al. "Sistematización de los servicios de salud. Biblioteca de Módulos Edilicios Energo Productivos (MEEPS)." La Gestión del Territorio: Problemas Ambientales y Urbanos. Bernal. 1995.
8. G. San Juan et. al. "Generación de indicadores teóricos optimizados. Energía del balance termohumínico en aulas. Estado de avance." ASADES 1997.
9. Commission of the European Communities. Directorate-General XII for Science, Research and Development. "Daylighting in architecture. A European Reference Book."
10. E. Rosenfeld et. al. "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de dos edificios escolares." III Encuentro Nacional; I Encuentro Latinoamericano. Gramado. 1995.

ANALISIS ENERGETICO AMBIENTAL DEL USO DE COMBUSTIBLES EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS INDUSTRIAS

C.A.García Ebbens-I.N.Leanza-J.R.Parente-N.S.Odobez-O.E.Nemer

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL DELTA

CENTRO DE ENERGIA Y AMBIENTE

San Martín 1171 - (2804) Campana - Buenos Aires - Argentina

T.E./Fax : 54-0489-20249/20400/22018/37617

E-mail: garebb@Deltanet.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo investiga sobre la situación energética y ambiental asociada generada por el uso de combustibles en las pequeñas y medianas industrias. En base a un total de 52 empresas evaluadas en un semicírculo de unos 50 kilómetros de radio se diagnosticó un ahorro potencial de combustible de 20,8 % considerando mejoras en la combustión y en la distribución de vapor. Como consecuencia directa resulta un ahorro monetario, un mejor uso de los recursos no renovables y una incidencia ambiental importante ya que disminuyen las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre (para combustibles azufrados). Considerando que las proyecciones pronostican un mayor consumo de combustibles es importante que se lo haga racionalmente a fin de atenuar sus consecuencias adversas.

OBJETIVO

Las industrias tienen algunos inconvenientes en la utilización de combustibles ya sea para producir vapor o para calentamiento; estos inconvenientes se resumen en un uso no racional de la energía que generalmente está asociada a una falta de conciencia y esencialmente a ausencia de legislación adecuada.

En el caso de pequeñas y medianas industrias las menores posibilidades tecnológicas agravan aún más esta situación; hemos realizado un relevamiento de una importante cantidad de estas pequeñas y medianas industrias de nuestra zona de influencia con el objetivo de conocer este uso inadecuado con datos fehacientes, y a la vista de los mismos poder realizar un análisis energético y ambiental.

En síntesis nuestro trabajo quiere contribuir a las mejoras que se pueden lograr cuando se usan los combustibles en forma racional: preservación de combustibles no renovables, ahorro monetario por el menor uso de combustibles, y contribución a la disminución de la contaminación atmosférica

FUNDAMENTOS

Cuando se adquiere una verdadera conciencia que el uso racional de los combustibles trae aparejada sensibles disminuciones de costos y aportes al medio ambiente, no se pueden pasar por alto todas aquellas mejoras que sin inversiones o con muy poca puedan contribuir.

Si en base a este razonamiento se hiciera hincapié en aquellos servicios comunes a la mayoría de las industrias se podría comprender la factibilidad de estos logros; en consecuencia se debe prestar especial atención a la eficiencia de la combustión y a la distribución de vapor.

La combustión es una reacción rápida de oxidación que tiene lugar entre un combustible y el oxígeno del aire en la que se libera una gran cantidad de calor; para lograr que esta reacción se desarrolle eficientemente se debe proporcionar una cantidad de aire en exceso al estequiométricamente necesario pero si dicha cantidad es por demás excesiva la reacción deja de ser eficiente, y tanto menos lo será en la medida que se incremente dicho exceso.

Por otro lado la temperatura de salida de los humos de la combustión, por razones de preservación de equipos, no debe ser inferior al punto de rocío ácido, pero en la medida que se incremente esta temperatura contribuirá a una merma en eficiencia del equipo generador de calor.

Cuando el equipo generador de calor es una caldera el vapor producido debe ser distribuido y el condensado resultante devuelto; en la medida que no se lo haga correctamente disminuirá la eficiencia global del sistema de distribución de vapor.

Todas estas posibilidades de menor eficiencia se traducen en un uso no racional de los combustibles obligando a un mayor consumo lo que trae aparejado el incremento de costos y el incremento en problemas ambientales.

Considerando que nuestra zona de influencia está ubicada en un importante conglomerado industrial y con posibilidades de mayor crecimiento dada su ubicación privilegiada en lo que respecta al Mercosur, el análisis energético ambiental adquiere mayor relevancia.

METODOLOGIA

Los relevamientos fueron realizados en un total de 52 pequeñas y medianas industrias distribuidas en un semicírculo de unos 50 kilómetros de radio abarcando como principales distritos los Partidos de Campana, Zárate, Escobar y Pilar.

En estas industrias se realizaron mediciones en un total de setenta y cinco (75) equipos de los cuales cincuenta y cinco (55) eran calderas de producción de vapor y los veinte (20) restantes hornos de calentamiento.

Respecto a las calderas la mayoría de ellas eran humotubulares y presión de trabajo entre cinco (5) y diez (10) kgf/cm² de presión.

Durante la inspección aproximadamente la mitad de los equipos utilizaban como combustible Gas Natural y la otra mitad Gas Oil, Fuel Oil o mezcla de ambos.

El consumo anual de combustible informado por las empresas fue de 32760 toneladas equivalentes de petróleo (T.E.P.) que resultan de reducir el poder calorífico de cada combustible a un poder calorífico inferior de diez mil (10000) kilocalorías por kilogramo de combustible (petróleo crudo).

Las empresas diagnosticadas responden a distintos rubros, siendo los principales: productos químicos, celulosa y papel, cerámica, alimentos balanceados, textil, alimenticio, plástico y otros.

RESULTADOS

El ahorro potencial de energía total obtenido fue de 20.8 %, que considerando el consumo anual de estas empresas representa la posibilidad de disminuir el consumo en 6813 T.E.P. anuales. Para el caso de calderas dicho ahorro es de 6125 T.E.P. que representa el 25,4 % del combustible utilizado en estos equipos. En la tabla No. 1 se puede apreciar las posibilidades potenciales de ahorro en calderas.

Tabla No. 1. Ahorros potenciales por uso racional de combustible (expresado como promedio por caldera)

PORCENTAJE	T.E.P.	\$	MEJORA POSIBLE
7,2	31,6	9904	Excesivo exceso de aire y alta temperatura de los gases de escape
3,1	13,6	4263	Ausencia o mal funcionamiento de trampas de vapor
6,8	29,8	9340	Pérdidas de calor por ausencia total o parcial de aislación en cañerías
4,8	21,0	6582	Pérdidas de calor por fugas de vapor vivo
1,9	8,3	2601	Retorno parcial o total del condensado
1,6	7,0	2194	Incremento de la eficiencia de la caldera (Agua de alimentación, purgas, etc)
25,4	111,3	34884	TOTAL

Las mediciones de temperatura y composición de humos de combustión se realizaron con un equipo digital marca Teledyne Max 5, dotado de sensores electroquímicos; para el cálculo de ahorro de combustible se utilizaron gráficos que relacionan exceso de aire, temperaturas de humos y ahorro potencial para cada tipo de combustible (1).

Las evaluaciones del funcionamiento de trampas de vapor se realizaron por medición de temperatura con termocuplas adaptados a tal efecto y cálculos posteriores (1).

Las pérdidas de calor por falta de aislación se evaluaron por medio de gráficos que incluyen toneladas de vapor perdidas en función de presión de operación del vapor, diámetros y longitud de cañerías (1).

El calor perdido por fugas de vapor vivo se calculó en base a las alturas de penachos de vapor (1), y las pérdidas por la falta de retorno de condensado se basaron en mediciones de caudal y posteriores cálculos.

Los cálculos en el incremento de eficiencia de calderas se basaron en el tratamiento y precalentamiento del agua de alimentación y la frecuencia y cantidad de purgas (2).

Los excesos de aire medidos en los gases de escape de los distintos equipos de calor dan como resultado que más de un 80 % de los mismos son ampliamente superiores a los límites teóricos indicados según el tipo de combustible; para el gas natural dicho exceso no debería superar el 10 % y para el fuel oil y gas oil el 20 %. Haciendo una clasificación un tanto arbitraria se puede observar en la Tabla No. 2 la operación de los equipos en función del exceso de aire, y en la Tabla No. 3 se pueden observar los excesos de aire para los equipos cuya operación se considera mala.

Tabla Nro.2 - Excesos de aire detectados en hornos y calderas

OPERACION	% EXCESO DE AIRE	CANTIDAD EQUIPOS	% EQUIPOS
Excelente	20/25	2	2,7
Buena	25/35	2	2,7
Regular	35/45	9	12,0
Mala	> 45	62	82,6

Tabla Nro.3- Excesos de aire detectados en calderas y hornos cuya operación se considera mala

% EXCESO DE AIRE	CANTIDAD DE EQUIPOS	% EQUIPOS
50 / 100	43	69,3
100 / 200	15	24,2
> 200	4	6,5

Respecto a las temperaturas medidas en los humos de escape, considerando que las mismas deben ser superiores al punto de rocío ácido para evitar la corrosión estimándose en 140 °C esta temperatura se ha encontrado que el 100 % de los equipos cumple con esta condición pero los valores están muy por encima de ésta ocasionando excesos en el consumo de combustibles.

Si bien en el caso del fuel oil y el gas oil, por ser azufrados, el problema de rocío ácido es de mayor gravedad, consideraremos que también el gas natural debe cumplir este requisito. En la tabla No. 4 se pueden apreciar los valores de temperatura que han sido medidos.

Tabla No. 4. Temperatura medida en los humos de combustión

Temperatura (°C)	Cantidad de Equipos	%
< 160	Ninguno	0,00
160/250	27	36,00
250/350	23	30,70
>350	25	33,30
Total	75	100,00

Nota: En las Tablas No. 2, 3 y 4 los valores límites se incluyen como superiores.

Para el análisis ambiental se han considerado los siguientes contaminantes atmosféricos: dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos libres.

El instrumento utilizado sólo tiene la posibilidad de medir los dos últimos por lo que hemos realizado un análisis estequiométrico para los restantes, salvo el caso de óxidos de nitrógeno que se evaluaron en función de referencias bibliográficas (3). Se consideraron 280 días de trabajo anuales conforme al promedio obtenido de datos reales otorgados por las distintas empresas.

Dióxido de Carbono: Se produce por combustión completa de sustancias que contienen carbono en sus moléculas; si bien es tóxico lo es en mucha menor proporción que el monóxido de carbono pero su presencia trae como consecuencia un incremento paulatino en la temperatura media del planeta (efecto invernadero) y así un aumento en el nivel de los mares. En nuestro caso considerando las 52 empresas y el ahorro potencial de combustible se dejarían de emitir 18340 toneladas anuales.

Dióxido de Azufre: Se produce cuando se utilizan combustibles que contienen azufre; en forma directa afecta las vías respiratorias e indirectamente cuando en presencia del oxígeno del aire, la humedad del ambiente y con el efecto de la luz se convierte en ácido sulfúrico generando de ese modo las lluvias ácidas que tienen efectos adversos en los medios biótico y abiótico. El proceso de formación de rocío ácido se ve favorecido cuando se emplean excesos de aire elevados, tal como ocurre en la gran mayoría de los equipos que se han evaluado. Para nuestro caso sólo se han considerado los combustibles azufrados como fuel oil y gas oil obteniendo un exceso de 113 toneladas anuales.

Oxidos de Nitrógeno: Se producen tanto a partir de combustibles que contienen nitrógeno como también mediante un proceso llamado "fijación de nitrógeno"; en este caso el nitrógeno del aire utilizado en la combustión se "fija" en forma de un óxido de nitrógeno durante el proceso. El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) son los más preocupantes y en general se estudian como NO_x cuya formación se ve favorecida por altas temperaturas. Son uno de los principales responsables de la formación de ozono. Tanto éste como los óxidos de nitrógeno actúan sobre la salud humana afectando las vías respiratorias teniendo un efecto letal en muy pequeñas concentraciones. También contribuyen a las lluvias ácidas con la formación de ácido nítrico. Consultada la bibliografía, según diversos estudios realizados para el uso de combustibles en calderas u hornos, las emisiones normales de NO_x consideradas como NO₂ oscilan entre 3 kg. y 7 kg. por tonelada de gas natural y entre 9 kg. y 15 kg. de NO₂ por tonelada de fuel oil (3).

Adoptando el valor medio para cada combustible (consideramos el gas oil como fuel oil) se emiten anualmente un exceso de 51 toneladas de NO₂.

Monóxido de Carbono: Deriva de la combustión incompleta de los hidrocarburos y es directamente tóxico, ya que reacciona irreversiblemente con la hemoglobina de la sangre, impidiendo de esta manera que la misma transporte el oxígeno imprescindible para el funcionamiento celular. En la atmósfera interviene activamente en la formación de ozono.

Para nuestro caso de las 75 chimeneas evaluadas solamente 5 de ellas estuvieron por encima del nivel guía establecido para fuentes fijas industriales (100 mg/Nm³ para gas natural y 175 mg/Nm³ para combustibles líquidos) por lo que se puede apreciar que el hecho de utilizar un gran exceso de aire favorece la combustión completa e impide la emisión de este contaminante en concentraciones importantes.

Hidrocarburos libres: Los más peligrosos son los aromáticos pues son cancerígenos, y que al igual que las partículas sólidas y líquidas, son sumamente peligrosas desde el punto de vista de la salud humana. Para nuestro caso no hemos detectado esta anomalía dado el exceso de aire que se utiliza para la combustión; solo se detectaron vestigios.

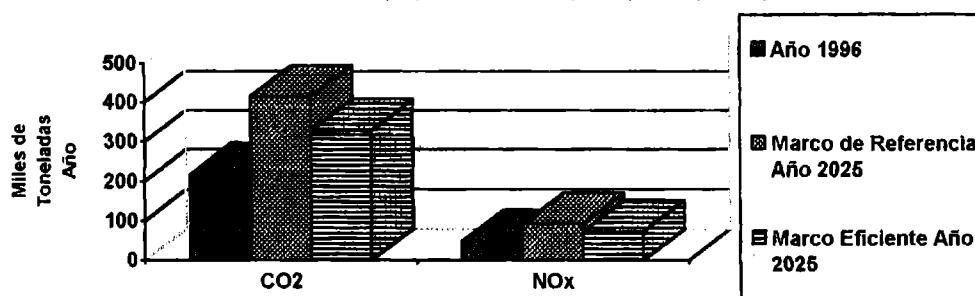
Considerando que el 90 % de posibilidad de ahorro proviene de los equipos generadores de calor la disminución de contaminantes expresados como Kg. diarios por caldera serían de : 1072 Kg. de CO₂, 2,9 Kg. de NO_x y 13,1 Kg. de SO₂ (para este caso, para el promedio, solo se consideraron los equipos que utilizan Gas-Oil y Fuel-Oil)

CONCLUSIONES

Por medio de este trabajo se ha podido observar que los procesos de combustión se llevan a cabo con un exceso de aire promedio de 100 % superando con amplitud el 20 % indicado. Además el calor de los humos de escape no es recuperado por lo que son excesivas las temperaturas de salida. Por otro lado es factible de observar que no se tienen mayormente en cuenta las pérdidas de calor aún las fácilmente evitables. Todo esto hace que se emplee más combustible que el verdaderamente necesario generando un gasto adicional de recursos no renovables, pérdida de dinero y además una contribución en desmedro del ambiente.

Considerando que en el área de Capital Federal y Gran Bs.As. se consumen actualmente aproximadamente 6500000 TEP anuales, sin considerar energía eléctrica (4), en base a proyecciones para el año 2025 para América Latina (5), se puede observar en el cuadro Nro. 5 las emisiones de CO₂ y NO_x calculadas para ese año tomando como referencia las actuales condiciones y suponiendo una eficiencia energética de la magnitud de nuestro estudio.

Cuadro Nro.5 -Emisiones proyectadas de CO₂ y NO_x para Cap. Fed. y Gran Bs. As.



En esta misma área el ahorro de recursos no renovables actualmente sería de 1300000 TEP anuales, lo que representa aproximadamente 400 millones de pesos o sea casi 5 veces el actual presupuesto de la Universidad Tecnológica Nacional y representa el consumo energético del sector residencial correspondiente a 6 meses incluido el consumo eléctrico.

Sin dudas las cifras ambientales, las energéticas y las económicas son lo suficientemente importantes como para tomar verdadera conciencia de la necesidad de consumir racionalmente y atenuar así los impactos adversos.

REFERENCIAS

- (1) MANUAL DE AHORRO Y CONSERVACION DE ENERGIA, Corporación de Fomento de la Producción, Instituto de Investigaciones Tecnológicas INTEC, Chile, 1980.-
- (2) USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN CALDERAS Y REDES DE FLUIDO, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España, 1990.
- (3) AIR POLLUTION CONTROL, W.L.Faith, John Wiley & Sons, Inc., N. York, 1959
- (4) INFORME DE COYUNTURA DEL SECTOR ENERGETICO - Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi", 1996.
- (5) ENERGY EFFICIENCY, DEVELOPING NATION AND EASTERN EUROPE - A Report to the U.S. Working Group on Global Energy Efficiency- International Institute for Energy Conservation, 1991.

UN SISTEMA REGULATORIO PARA LA ORGANIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO A POBLACIONES RURALES, CON EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS RENOVABLES.

Dr. Jorge H. Barrera*
Calle 529 N° 1.090 Apto. 4 (1900) La Plata, ARGENTINA.
Telefax: (021) 24-9822. E-mail: jbarrera@satlink.com

RESUMEN.

La futura provisión de electricidad a las poblaciones rurales de alta dispersión demográfica será mayoritariamente posible mediante el aprovechamiento de flujos energéticos renovables. Las tecnologías y los equipamientos para abastecimientos descentralizados y autónomos son suficientemente confiables y han mejorado notablemente su economicidad. Quizá aún sea necesario un mayor conocimiento de dichas tecnologías y una mayor divulgación de sus ventajas. Sin embargo, pareciera que la restricción más importante para la penetración de las energías renovables es la carencia de un sistema de normas que permita la estructuración de cooperativas o empresas que instalen y "operen" estos servicios, y que regule las relaciones entre estos prestadores, los usuarios y el poder concedente. El presente trabajo intenta analizar las características necesarias de este "sistema regulatorio".

INTRODUCCION

En los últimos años la Argentina ha reestructurado profundamente su sector eléctrico, definiendo un sistema regulatorio que constituye una adaptación parcial del practicado por los países de tradición sajona. Este sistema, muy sintéticamente consiste en asignar a empresas privadas la responsabilidad del abastecimiento a los usuarios presentes y futuros, liberar a la competencia la actividad de generación de electricidad, y regular las etapas de transporte y distribución reconociendo las características de monopolio que, por razones tecnológicas, existen en estas dos actividades de "la industria". Indudablemente, aún sin entrar en el análisis de las bondades y deficiencias de este esquema regulatorio, debe decirse que el mismo ha sido concebido para normatizar las relaciones entre todos los actores de la actividad (generadores, transportistas, empresas distribuidoras y grandes y pequeños usuarios) vinculados físicamente al Sistema Interconectado Nacional.

En Argentina, existen hoy aproximadamente 2.200.000 personas (casi 40.000.000 en América Latina) que no disponen y es altamente improbable que sean incorporadas al servicio de electricidad distribuida por redes. El Marco Regulatorio vigente desatiende la problemática particular de estos pobladores rurales y no prevé las formas, recursos y tecnologías que contribuirían a la solución de esta situación de inequidad. Por ello, parece absolutamente necesario concebir un "sistema regulatorio" que esté adaptado a las características y entorno tecno-cultural de estas poblaciones.

El objetivo final de este sistema regulatorio será "encontrar las formas de organización para posibilitar el abastecimiento de energía eléctrica a toda la población rural dispersa en condiciones de calidad, seguridad y costos adaptados a las características de estas poblaciones, aprovechando los flujos energéticos renovables disponibles en cada zona, y garantizando la sostenibilidad del servicio en el largo plazo y la mínima afectación del ambiente".

La concreción de este objetivo requiere, fundamentalmente, del diseño de un conjunto de normas regulatorias adaptadas también a las características particulares de estos flujos perennes y gratuitos de energía, y que faciliten el suministro de energía en el largo plazo.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

El disfrute de la energía eléctrica es hoy una necesidad básica del hombre, que además contribuye a la mejor satisfacción de las de alimentación, salud, educación y recreación, y posibilita la diversificación y el aumento de la productividad de la actividad económica que realiza el poblador rural.

Como ya se ha explicitado, una parte significativa de la población rural argentina, aproximadamente 2.200.000 habitantes, no disponen ni dispondrán de energía eléctrica, como consecuencia de la rápida desaceleración de la inversión en sistemas de distribución por líneas de baja tensión. La escasa densidad poblacional, las dificultades de accesibilidad por distancia o accidentes geográficos y los bajos consumos de electricidad en la vivienda rural determinan una rentabilidad insuficiente para la inversión en expansión de los sistemas de distribución. Es por esta razón que el aprovechamiento de las energías renovables mediante sistemas de captación-almacenamiento descentralizados y autónomos constituyen una solución eficiente y económica para resolver el abastecimiento del habitante rural.

La radiación solar, el viento y los pequeños cursos de agua son flujos energéticos permanentes, disponibles con mayor o menor intensidad en todo el territorio, perfectamente aprovechables con tecnologías y equipos sencillos y adaptados a los pequeños consumos descentralizados o de baja accesibilidad. Consecuentemente, si no existen restricciones de tipo técnico y además constituyen la alternativa más económica para proveer de electricidad a estas poblaciones, parece razonable preguntarse porqué aún no se han adoptado estas tecnologías que permiten la utilización de estos recursos inagotables y gratuitos.

* Asesor del Comité de Energía de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI).

La respuesta permite diferenciar dos razones concurrentes: en primer lugar el hecho que estas soluciones tecnológicas aún no son suficientemente conocidas entre los pobladores de áreas rurales; pero mucho más importante es la carencia de un marco regulatorio específico para los mercados dispersos. Todos los avances teóricos y prácticos de los últimos años en materia de regulación han sido realizados teniendo en cuenta las características particulares de mercados concentrados, abastecidos mediante sistemas de distribución de energía por redes. La doble condición de “sistemas de abastecimiento descentralizados y autónomos” y “flujos de energía gratuita” que si no se aprovechan se pierden, diferencian totalmente el esquema conceptual y las normas regulatorias necesarias para resolver este abastecimiento. Por otro lado, también es diferente la idiosincracia y los hábitos de consumo del futuro usuario rural y el entorno cultural donde se desarrollarán los servicios.

Por todo ello, para lograr una real “penetración” de las energías renovables en la resolución de la carencia de electricidad de los 2.200.000 pobladores que viven en zonas rurales, será necesario elaborar un conjunto de normas, que regulen los aspectos tecnológicos, económicos y de organización de los servicios, tanto en la etapa de instalación como en la de funcionamiento de los sistemas; este marco regulatorio deberá ser lo suficientemente flexible como para contener las múltiples realidades diferentes que puedan presentarse en materias como magnitud del consumo por vivienda, usos productivos de la electricidad, distinta dotación relativa de recursos renovables entre regiones, diferente capacidad económica para afrontar el pago total o parcial de los “sistemas”, etc. El desarrollo de este conjunto de normas específico para los mercados dispersos es el objetivo central del presente proyecto.

ALGUNOS ASPECTOS QUE DIFERENCIAN EL CASO DE “MERCADOS DISPERSOS ABASTECIDOS CON ENERGIAS RENOVABLES” DE LOS “MERCADOS CONCENTRADOS ATENDIDOS POR REDES”.

Las particularidades propias de la conjunción de “sistemas” de abastecimiento descentralizados y autónomos con la captación y aprovechamiento de flujos de energía inacabables y gratuitos (cuyo costo de oportunidad es nulo) plantea situaciones novedosas que aún no han sido analizadas en conjunto. El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar dicho análisis para diseñar un cuerpo completo y coherente de normas adaptado a dichas particularidades. A continuación se enuncian los principales temas a resolver:

- La decisión sobre los niveles de calidad de servicio deseados. Evidentemente dichos niveles de calidad no tienen porqué ser iguales a los exigidos en los servicios de distribución urbanos. Los niveles crecientes de calidad (definidos como probabilidades decrecientes de fallas o pérdidas de cargas) están asociados a costos de inversión más elevados. Por ello no siempre la mejor decisión coincide con el más alto nivel de calidad. Si se justifican, en cambio, todos los incentivos para promover el uso racional de la energía y por lo tanto, de los equipamientos. Se abre aquí la necesidad que el organismo regulador, antes de definir los pliegos de la licitación, medite profundamente este tema con participación de los usuarios destinatarios del proyecto.
- La vinculación de la calidad de servicio suministrado con la remuneración que obtenga el concesionario. Iniciado el abastecimiento de energía en el área, el organismo regulador controlará la calidad del mismo mediante el monitoreo a distancia de los parámetros que se hayan definido en la licitación. Puede suceder que la calidad del suministro supere en todo momento los mínimos exigidos o que no sea así. En el primer caso el concesionario cobrará íntegramente la factura; de no ser así, se pondrá en marcha un procedimiento original y novedoso para discernir sobre la responsabilidad que le cabe al concesionario en la caída del servicio.
- El hecho que el “sistema energético” no haya sido capaz de abastecer los requerimientos de electricidad del usuario puede deberse a tres razones:
 1. Que durante un cierto tiempo la radiación solar o la velocidad y regularidad del viento, haya sido inferior a los valores medios observados en la zona y que fueron utilizados por el concesionario para dimensionar sus sistemas. En este caso, la insuficiencia de energía puesta a disposición del usuario no es responsabilidad del operador del servicio. La Naturaleza ha sido menos generosa entregando flujos de energía aprovechable inferiores a los considerados como probables de acuerdo a la información histórica disponible.
 2. Que el consumo de energía por parte del usuario haya superado significativamente al previsto en los documentos de licitación. En este caso, la responsabilidad por la insuficiencia del sistema tampoco es del prestador sino del usuario. La utilización de fuentes renovables se asocia ineludiblemente a un uso racional y equilibrado de la energía y por ello deberá diseñarse un programa de capacitación al usuario.
 3. Que no haya habido ni insuficiencia del recurso ni exceso de consumo. En este caso sí la responsabilidad será del operador del servicio, pues la insuficiencia se deberá a un error en el dimensionamiento del sistema o a fallas en el funcionamiento de alguno de sus componentes. En cualquiera de las dos situaciones cobrará la factura con una reducción graduable de acuerdo a la magnitud y duración de la insuficiencia y deberá subsanarla en un tiempo máximo de 48 horas.

Como se ha explicitado, el organismo regulador limitará su función a la definición de las normas y condiciones del servicio, al monitoreo de los parámetros de calidad del mismo y a la decisión sobre reducciones o bonificaciones en el monto a cobrar por el concesionario en función de la bondad del servicio prestado a lo largo del año.

Una de las tareas que se propone el presente proyecto consiste en definir los parámetros que se utilizarán para representar la calidad de servicio exigible, los sistemas y equipamientos que deberá instalar el organismo regulador para realizar el monitoreo, y los circuitos técnicos y administrativos que el organismo regulador deberá poner en marcha para que esta vinculación entre calidad y remuneración del servicio sea operativa. El mecanismo de adquisición de datos y valoración de los mismos deberá ser sencillo, equitativo, inviolable y poco costoso.

- La correcta evaluación de los requerimientos de energía a abastecer. El nivel y la estructura de las necesidades de energía de una comunidad rural depende de parámetros históricos y socioculturales que deben ser contemplados para que las soluciones propuestas estén alineadas con aquellos comportamientos. De allí que se considera importante formular e implementar instancias de participación de los futuros beneficiarios del proyecto que serán los pobladores del área de concesión.
- El aceptable conocimiento de las características de los recursos energéticos renovables de la región. El dimensionamiento de los equipamientos de captación-almacenamiento está en función de la bondad del recurso. El comportamiento de los recursos solar y eólico puede ser representado con funciones probabilísticas, para lo cual se requieren mediciones correctas y extendidas en el tiempo. En Argentina y en gran parte de los países del Mercosur existe información sobre ambos recursos; sin embargo la incertidumbre sobre la magnitud del flujo esperable de energía sólo podrá acotarse mediante mediciones adicionales con equipos sencillos de adquisición de datos.
- El análisis explícito de la sostenibilidad del suministro en el tiempo. Todas las decisiones tecnológicas que se tomen deben garantizar el suministro en el largo plazo. Los equipamientos para el aprovechamiento de fuentes renovables son modulares, es decir pueden ser expandidos en pequeñas unidades; adicionalmente requieren mantenimientos poco frecuentes y de baja intensidad. Sin embargo, las tareas de mantenimientos preventivos deben ser correctamente programadas y controladas por el organismo regulador, adjudicando claramente la responsabilidad de las mismas al concesionario, sea éste una cooperativa o empresa.
- La clara definición de la "ingeniería financiera" del proyecto. La remuneración del concesionario debe ser suficiente para cubrir todos los costos normales y obtener una ganancia para el capital invertido y para compensar la responsabilidad y el riesgo de la operación del área. Por otro lado, los usuarios deben pagar una suma que compense el total de los costos operativos y de mantenimiento de los "sistemas", durante el período de concesión y un porcentaje sustancial de los costos de inversión que demande la instalación de su "sistema". La porción restante de esta inversión será desembolsada por el organismo regulador al momento de la aprobación de los sistemas que estén funcionando correctamente. Esta circunstancia incentivará al concesionario a adelantar la instalación de sistemas de suministro en toda el área concedida. Obviamente, la determinación del porcentaje del subsidio será realizada para cada área tomando en cuenta la efectiva capacidad de pago de los beneficiarios. Una correcta valoración de los flujos monetarios: costos e ingresos, será imprescindible para el éxito de las concesiones de áreas rurales dispersas. De allí la necesidad de analizar en profundidad este aspecto.

Lo que debe quedar claro es que, a diferencia de las áreas de distribución urbana de electricidad, en las que se cobra al usuario la energía consumida, en este caso lo que debe facturarse es energía puesta a disposición del usuario rural. Esta es otra diferencia que merece un análisis particularizado para preservar la equidad entre unos y otros consumidores de energía.

La resolución integrada de estos aspectos que diferencian los "mercados dispersos" de las características tenidas en cuenta para la definición del Marco Regulatorio de sistemas de distribución de electricidad por redes, permitirá sentar las bases para el abastecimiento sostenible en el largo plazo a partir del aprovechamiento de estos recursos inagotables y gratuitos.

CRITERIOS BASICOS QUE SOSTENDRAN LA FORMULACION DEL SISTEMA REGULATORIO.

- Participación del capital privado, cooperativas o pequeñas y medianas empresas, en la instalación y operación de los "sistemas energéticos".
- Concesión por un período no menor a los 20 años del área rural de baja densidad poblacional, en condiciones de monopolio y con obligación de suministro a todos los usuarios en un plazo no mayor de cuatro años.
- El Estado provincial organizará una licitación para conceder el área, que podrá abarcar uno o más partidos o departamentos. En dicha licitación el concedente pondrá a disposición de los oferentes toda la información sobre el mercado a abastecer, la correspondiente a la magnitud y calidad de los flujos energéticos renovables en la zona de concesión y los parámetros de calidad de servicio que serán exigidos.
- El concesionario, sea una cooperativa de servicios eléctricos, un conjunto de ellas o una empresa, tendrá la responsabilidad de dimensionar e instalar los "sistemas de captación-almacenamiento" en cada vivienda rural y garantizar el suministro en las condiciones de calidad previamente definidas por el concedente. Esto implica que realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones. Esta garantía de suministro en el largo plazo es una de las características centrales del presente proyecto.

- El concesionario operador del servicio percibirá los ingresos suficientes para recuperar el capital invertido en no más de 4 años, cubrir los costos del mantenimiento durante el periodo de concesión y obtener una ganancia razonable. Sólo deberá garantizar el cumplimiento de los parámetros de calidad de servicio que le sean exigidos. El organismo regulador concedente será el responsable de monitorear los parámetros que finalmente se definan como representativos de los niveles de calidad de servicio.
- Los usuarios residenciales abonarán una suma mensual para remunerar la energía puesta a su disposición (y no la energía efectivamente consumida) cuyo orden de magnitud, dependiendo de la magnitud de sus consumos deseados, sería entre U\$S 20 y U\$S 40. En el caso de usuarios que utilicen la electricidad fundamentalmente con fines productivos, como muy probablemente requerirán "sistemas" de mayor capacidad de captación-almacenamiento, pagarán un monto mensual superior.
- El Estado provincial subsidiará un porcentaje del costo de capital mediante una asignación que entregará al concesionario por cada sistema instalado y funcionando correctamente. Estos recursos provendrán del Fondo Especial de Desarrollo Eléctrico del Interior (FEDEI) que ya disponen todas las jurisdicciones provinciales.
- Cumplido el plazo de concesión se volverá a licitar el área adjudicándose a aquel oferente que requiera de los usuarios un monto menor por el suministro.

CONCLUSIONES.

Evidentemente, este grupo de criterios básicos debe ser desarrollado y verificado en la práctica hasta el punto de convertirse en un conjunto completo y sistemático de normas que reglamenten todas las etapas del abastecimiento en el largo plazo. Ésa es la tarea a realizar. La adopción por parte de la Secretaría de Energía o de los Entes Reguladores Energéticos de las provincias, de éste u otro parcialmente diferente conjunto de normas, abrirá definitivamente la posibilidad de que los habitantes rurales tengan acceso al disfrute de la energía eléctrica y con ella a una mayor cantidad y variedad de oportunidades para mejorar su futuro.

Lo importante en este caso será que las soluciones tecnológicas que se adopten estarán adaptadas a las características de las fuentes renovables y del poblador rural, privilegiando el abastecimiento sostenible en el largo plazo y la necesaria vinculación entre calidad de servicio recibido y remuneración obtenida por el operador del área.

REFERENCIAS

- Programa de Abastecimiento Eléctrico a Poblaciones Rurales Dispersas (PAEPRA). Fabris, Aldo y otros. Dirección de Investigación y Desarrollo. Secretaría de Energía. Buenos Aires, 1996.
- Nicklas, Michael. "Síntesis reunión de ONGs sobre energía renovable; iniciativa 2.000". International Solar Energy Society. (ISES). mayo 1995.
- Daery Ouwens, C.; Hoeke, P. "Solar-Photovoltaic solution" International Energy Initiative. public en Energy for Sustainable Development. (vol.1 n° 1). India, mayo 1994.
- Gomez de Pablos, M.; Volkov, Eduard. "Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020". World Energy Council. Londres, setiembre de 1993.
- Barnett, Andrew. "Diffusion of energy technology in the rural areas of developing countries" University of Sussex, Brighton. Reino Unido, abril 1990.
- Hurst, Christopher. "Establishing new markets for mature energy equipment in developing countries: experience with windmills, hydro-powered mills and solar water-heaters". European Investment Bank. Luxemburgo, abril 1990.
- Massachusetts Institute of Technology. (MIT). "Energy and the environment in the 21st century" Cambridge, marzo 1990.
- Clénot, Max; Pheline, J. "Energie solaire et production décentralisée d'électricité: pompes solaires et installations de faible puissance". en Revue de L'Énergie. año 30 n° 313 Paris, marzo 1979.
- Weingart, Jerome. "Energie solaire base d'un système énergétique". en Revue de L'Énergie. año 30 n° 313. Paris, marzo 1979.
- Organización Latinoamericana de Energía. (OLADE). "Evaluación socioeconómica de tecnologías para sistemas energéticos descentralizados". en Revista Energética. año 13 n° 2. Quito, octubre 1989.
- Saucede, Lilitana; Romagnoli, Claudio; Díaz, Roberto. "Pautas para la transferencia de un modelo tecnológico con energías no convencionales en el seno de comunidades rurales". Universidad Nacional de Luján. Primeras Jornadas Internacionales sobre Energía y Ambiente. Córdoba, agosto 1988.
- Montes, Nora. "Energías solar, eólica y microhidráulica: realizaciones y perspectivas en América Latina". Universidad Autónoma de México. (UNAM). en Revue de L'Énergie. año 39 n° 406. Paris, noviembre 1988.
- Barrera, Jorge H. "Energía y Ambiente: ¿Hacia dónde vamos?". Revista Energía para el Futuro. Año XII. N°69/70. Asociación Argentina para el Uso Racional de la Energía. (AAPURE). agosto de 1995.

NECESIDAD DE CALEFACCIÓN EN LA REGIÓN CENTRO OESTE DEL PAÍS, SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

R. Solares ; A. Fasulo ; L. Odicino

Laboratorio de Energía Solar
Universidad Nacional de San Luis
Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis
Te: (0652) 23789 int. 103 ,Fax 30224 ,e-mail solar@unsl.edu.ar

RESUMEN

Se determina para siete localidades del centro oeste del país las necesidades de calefacción en función de las direcciones de los vientos y las calmas para los meses de abril a setiembre, a partir de los datos climáticos de la década 1981-1990 generados por el Servicio Meteorológico Nacional. Se emplean para los cálculos dos procedimientos: Mediante uno de éstos, se calculan los grados días de calefacción, GDC y el otro empleando el programa Psicro, que permite chequear los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

Ya que un edificio puede considerarse como un intercambiador de calor entre el medio externo y el interno, es necesario conocer como varían las condiciones externas y específicamente como varían con el viento, y como éstas varían de una localidad a otra.

En el presente trabajo se mejora el análisis hecho para San Luis en un trabajo previo R.Solares et Al, 1996, y se extiende a seis localidades de la región centro oeste del país. Para ello utilizamos el programa PSICRO que es un software desarrollado por D.Saravia, 1991. Se toma la diferencia de entalpía con el borde de la zona de confort ubicada a los 18 °C. Esta diferencia de entalpía es la cantidad mínima necesaria de calor que se debe introducir a la casa (el programa calcula la entalpía por kg de aire seco) para llevarla desde una temperatura por debajo de los 18 °C a 18 °C, temperatura que se considera de confort. Los datos que se introducen en el programa utilizado se seleccionan según los cuatro cuadrantes de la rosa de los vientos o sea:

Cuadrante Norte: engloba las direcciones 32, 34, 36, 2 y 5. Cuadrante Este: engloba las direcciones 7, 9, 11
Cuadrante Sur: engloba las direcciones 14, 16, 18, 20, 23. Cuadrante Oeste: engloba las direcciones 25, 27, 29

Donde los números indican la dirección de donde viene el viento en grados, medidos desde el norte. Así 9 se interpreta como 90° y corresponde al este y 36 es 360° corresponde el norte.

METODOLOGÍA

Para establecer las necesidades de calefacción en una dada localidad disponemos de dos procedimientos: A) Grados días de calefacción (GDC), es un índice climático que se calcula de una manera simple, para cada mes se toman de la base de datos las temperaturas (T) (menores a una temperatura base (Tb) dada, que puede ser de 18 °C) para cada hora, luego se hacen las diferencias (Tb - T) para cada uno de los datos, se suman y se tiene los grados días de calefacción horarios. Ahora se suman estos y se tienen los GDC para ese mes. Este método se ha empleado anteriormente para San Luis: A Fasulo et Al 1996.

Si en vez de tomar la suma sobre las diferencias de temperaturas se toma el promedio ΔT_{med} (manteniendo la condición de exclusión de los datos que no cumplan la condición $T < Tb$) entonces como la diferencia de entalpía (ΔH) es igual a la capacidad calorífica del aire a presión constante (C_p) por la diferencia de temperaturas o sea $\Delta H = C_p \Delta T_{med}$, se puede convertir los grados días de calefacción en energía (considerando ΔH en joule/kg de aire) lo convertimos en unidades de W-hr / Kg de aire.

B) Otra forma de calcular las necesidades de calefacción es utilizando un programa que calcule directamente la entalpía (H). Psicro es un programa que trabaja con una carta psicrométrica, para graficar un punto en él basta con dar dos datos (en nuestro caso la temperatura (T) y la humedad relativa (WR)), al graficar el punto el programa devuelve otros datos como ser entalpía (H por kg de aire) y la humedad absoluta (W en gr/Kg). Antes de introducir los datos al programa hay que tratarlos (T y WR) en la misma manera que en el primer procedimiento, esto es, se deben seleccionar tal que cumplan la condición $T < Tb$, entonces se toman los valores medios de temperatura y humedad relativa y se cuenta el número de días en que se cumple dicha restricción.

Con estos datos se gráfica un punto en el Psicro para cada mes, pero como nuestro objetivo es encontrar la diferencia de entalpía ΔH , y el programa calcula la entalpía (Hdato) y la humedad absoluta (Wdato) para el primer punto entonces gráfico un segundo punto en el borde de la zona de confort con los datos $T=18$ °C y $W=W_{dato}$ (del primer punto), se trabaja a humedad absoluta cte, ahora se tiene la entalpía en la zona de confort (Hzc), luego calculamos: $\Delta H = H_{dato} - H_{zc}$ que es la cantidad de energía para llevar a 18 °C un Kg de aire seco.

Como ΔH está en joule/kg, si multiplicamos por el número de días que se cumplió que $T < Tb$ entonces se tiene la energía total para ese mes y la convertimos a W-hr/Kg. En este trabajo además diferenciamos los datos según los cuadrantes de direcciones de viento ya mencionados. Para cada mes hubo que introducir cuatro puntos mas un dato correspondiente a la calma. Se debe notar que los valores de energía que se obtienen (ver tabla 2) están normalizados por Kg de aire.

Para ver la equivalencia de ambos métodos tomamos un ejemplo para San Luis con los vientos del cuadrante norte y en los meses de junio y julio (tabla 1) . A partir de los valores de GDC se calcula la energía (E*) multiplicando por $C_p = 993 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C}$ y dividiendo por 3600 , si se lo compara con E que es obtenido con el Psicro, se ve la similitud de ambos métodos.

	GDC $^\circ\text{C-días}$	N DIAS	E* (W-hr)/ Kg	E (W-hr)/Kg
JUNIO	87.1	10.1	24.02	24.1
JULIO	87	9.5	23.9	237

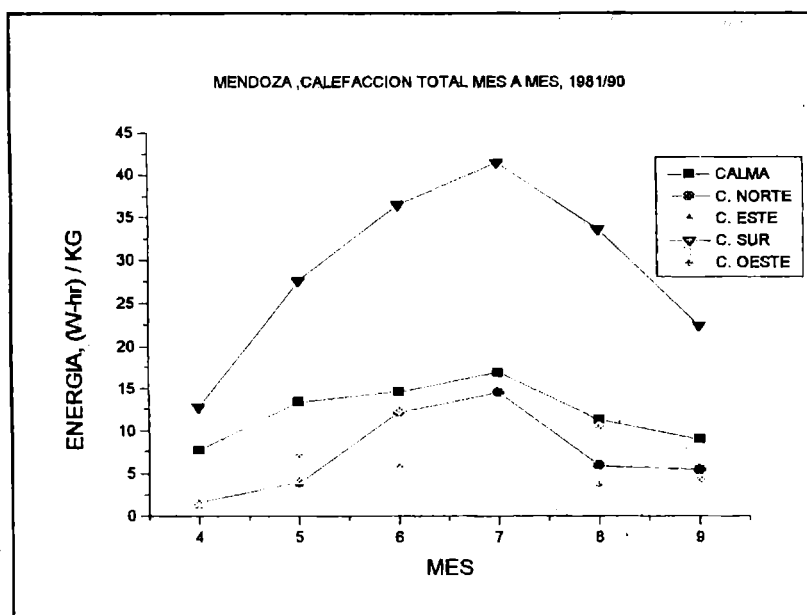
Tabla 1: valores comparativos de entalpía para los dos procedimientos.

RESULTADOS

Como ejemplo del cálculo de necesidades de calefacción se muestra en la gráfica 1 los resultados para la localidad de Mendoza mes a mes para cada uno de los cuatro cuadrantes y la calma. Como no se dispone de más espacio para mostrar las demás localidades se optó por presentar los valores numéricos de cada una de ellas.

Los resultados para las siete localidades se muestran en la Tabla 2, que indica para cada mes, de abril a setiembre, la energía necesaria según cada uno de los cuadrantes, la calma y la energía total para cada mes.

Gráfica 1: necesidades de calefacción para Mendoza según cada cuadrante y calma.



MES		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SETIEM
LOC.	CUADR.	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)	(W-hr) / kg (GDC)
SAN JUAN LAT 31.62 S LON 68,53 O ALT 618m	CALMA	14.2 (51.4)	35.8 (135)	43.6 (186)	48.1 (180)	31.2 (120)	21 (72)
	C. Norte	1 (3.2)	3.2 (13.9)	8.7 (36)	7.5 (3.4)	5.1 (21.7)	3 (13.3)
	C. Este	0.4 (1.4)	0.7 (1.3)	2.9 (6)	1.3 (5.6)	1.3 (3.3)	0.7 (2.5)
	C. Sur	6.9 (24.8)	13.4 (50.7)	27.7 (75.7)	36.4 (99)	26.7 (89)	18.2 (66.4)
	C. Oeste	1 (2.5)	3.1 (9.5)	3.8 (12.8)	3.3 (9)	2.4 (9)	0.8 (2.7)
	TOTAL	23.5 (83.3)	56.2 (210.4)	86.7 (316)	96.6 (326)	66.7 (253)	43.7 (156)
MZA LAT 32.83 S LON 68.78 O ALT 704m	CALMA	7.7 (32.7)	13.4 (63.6)	14.6 (76.7)	16.9 (76.9)	11.3 (54.6)	9.1 (38.7)
	C. Norte	1.7 (4.1)	4 (10)	12.2 (29.3)	14.5 (36.7)	5.9 (16.9)	5.5 (18.1)
	C. Este	1.1 (3.9)	4.2 (9.3)	5.9 (17)	5.4 (17)	3.6 (14.6)	3.8 (12)
	C. Sur	12.8 (44.4)	27.6 (101.6)	36.5 (136)	41.5 (152)	33.6 (120)	22.5 (83)
	C. Oeste	1.8 (6.2)	7.1 (25.3)	12.6 (47)	10.5 (36.5)	10.5 (31.3)	4.3 (15.1)
	TOTAL	25.1 (91.3)	56.3 (209.8)	81.9 (306)	88.7 (311)	65 (237.6)	45.2 (167)

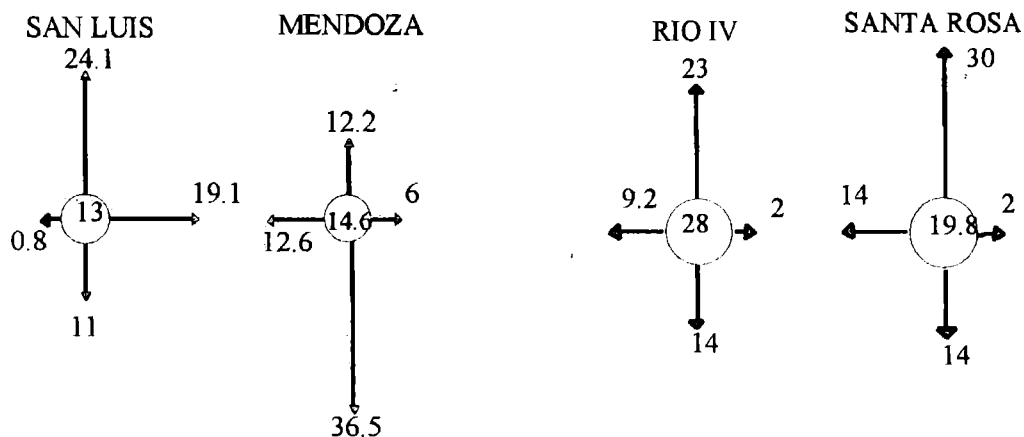
Tabla 2. Necesidad de calefacción en siete localidades del Centro Oeste del País, valores en W-hr por Kg de aire seco, según la dirección del viento por cuadrantes y valor total para cada mes, entre paréntesis los GDC.

SAN LUIS LAT 33.27 S LON 66.35 O ALT 713m	CALMA	5.8 (22.8)	10.5 (42)	13 (59.5)	17 (70.8)	11.8 (41)	7 (29.6)
	C. Norte	6.5 (25.2)	15 (58.7)	24.1 (87.1)	23.7 (87)	15.2 (61.1)	10.3 (38.5)
	C. Este	6.1 (21.4)	14.7 (48.4)	19.1 (73)	21.6 (79)	18.6 (65.1)	14.6 (48.6)
	C. Sur	4.2 (15.3)	7.2 (26.8)	11 (37.3)	12.1 (42.1)	10.8 (38.3)	9.7 (34)
	C. Oeste	2 (4.1)	0.5 (0.7)	0.8 (2.8)	2.5 (3.2)	0.9 (2.9)	0.8 (1.7)
	TOTAL	24.7 (91.3)	48 (176.6)	68 (259.7)	77 (283)	57.3 (208)	42.6 (152)
RIO IV LAT 33.08 S LON 64.27 O ALT 421m	CALMA	9 (27.6)	11.1 (50.3)	28 (75.5)	17.4 (67.4)	8.7 (57)	8.8 (30.9)
	C. Norte	9.5 (34.3)	17.8 (69.7)	23.2 (97.1)	35.6 (129)	25.7 (94.4)	19.4 (74.8)
	C. Este	0.6 (2.2)	0.7 (2.7)	2 (6.8)	1.6 (6.1)	2.1 (7.1)	1.6 (5.8)
	C. Sur	5.2 (18.9)	9.6 (34.9)	13.9 (47)	15.2 (49.9)	14.4 (49.5)	13 (44.6)
	C. Oeste	2.1 (8.3)	5.7 (21.3)	9.2 (33.2)	8.8 (33.5)	5.2 (21.6)	6.3 (20.7)
	TOTAL	26.5 (91.3)	44.9 (178.9)	76.4 (259)	78.5 (286)	56.2 (229)	49.2 (176)
SAN RAFAEL LAT 34.58 S LON 68.4 O ALT 749 m	CALMA	20.4 (76.7)	39.1 (135.4)	48.3 (179)	41.4 (181)	36.7 (134)	28.5 (107)
	C. Norte	2.7 (10.3)	5.4 (15.9)	10.2 (24)	10.7 (34.5)	9.1 (25.3)	6.8 (18.5)
	C. Este	0.7 (2.8)	2.2 (6)	2.2 (6)	2.9 (9.8)	3.2 (6.1)	2.8 (8.2)
	C. Sur	7.9 (31.6)	16.8 (61.2)	16.7 (70.6)	14.1 (66.3)	21 (79.7)	18.1 (66)
	C. Oeste	2.4 (8.5)	4.6 (19.2)	5.2 (28.1)	12.4 (31.2)	7 (20.5)	6.6 (16.7)
	TOTAL	34.2 (129.9)	68.1 (237.7)	82.6 (308)	81.6 (323)	77.1 (266)	62.8 (217)
VILLA REYNLD LAT 33.73 S LON 65.38 O ALT 486m	CALMA	22.9 (79.7)	41.1 (141.6)	50.6 (194)	56.3 (194)	45 (145.4)	19.2 (94.4)
	C. Norte	3.7 (19.3)	8.1 (37)	10.5 (52.9)	15.7 (58.3)	8.6 (44.5)	11.1 (37.2)
	C. Este	2 (8)	3.5 (12.9)	6.9 (27)	10 (27.2)	8.4 (26.7)	6.2 (21.2)
	C. Sur	3.9 (13.5)	5.7 (28.1)	8.7 (31.1)	12.3 (40.4)	11.1 (36)	11.2 (39.6)
	C. Oeste	1.4 (6.3)	2.7 (15.1)	4.1 (16.2)	4.8 (18.1)	3.6 (18.1)	2.6 (9.7)
	TOTAL	34 (126.8)	61.2 (234.7)	80.8 (321)	99.1 (338)	77.2 (270)	50.3 (202)
SANTA ROSA LAT 36.57 S LON 64.2 O ALT 189m 64,27 O	CALMA	8.2 (29.7)	15.1 (58)	19.8 (79.8)	14 (55.8)	12.2 (44.4)	4.9 (12.5)
	C. Norte	11.2 (42.6)	21.5 (80.2)	30.5 (107)	38.4 (138)	28.5 (106)	21.1 (82)
	C. Este	0.6 (8.6)	0.7 (11.3)	2 (19.1)	1.5 (20.8)	2.1 (21.1)	1.6 (22.9)
	C. Sur	5.2 (26.8)	9.6 (45.7)	13.9 (53.6)	15.2 (73.7)	14.4 (67.5)	13 (59.3)
	C. Oeste	4.6 (17.1)	9.7 (40.1)	14.3 (56.2)	12.5 (50.1)	8.8 (36)	5.6 (22.5)
	TOTAL	29.8 (124.8)	56.7 (235.4)	80.6 (315)	81.7 (338)	66.1 (275)	46.2 (205)

Tabla 3. Necesidad de calefacción en siete localidades del Centro Oeste del País, valores en W-hr por Kg de aire seco, según la dirección del viento por cuadrantes y valor total para cada mes, entre paréntesis los GDC.

APLICACIÓN

Como una aplicación de esta tabla vamos a construir una rosa de necesidades de calefacción para el mes de junio para San Luis, Mendoza, Río Cuarto y Santa Rosa. Pondremos en el centro las necesidades de calefacción cuando hay calmas y en cada dirección una flecha de longitud proporcional a la necesidad de calefacción como se ve en gráfica 2 donde ubicamos hacia arriba la dirección norte, hacia la izquierda la este, etc.



GRAFICA 2. Rosa de necesidades de calefacción en el mes de junio para cuatro localidades.

Las gráficas nos permiten visualizar rápidamente las necesidades de calefacción para cada una de las localidades que figuran en la tabla 2. De igual forma se podrán construir para las otras localidades, por ejemplo para San Rafael y Santa Rosa:

SAN RAFAEL: la calma domina la necesidad de calefacción de abril a setiembre, casi el 50 %, le siguen los vientos del cuadrante sur. Los vientos del cuadrante este son los de menor aporte.

SANTA ROSA: los vientos del cuadrante norte dominan la necesidad de calefacción de abril a setiembre. Los vientos del cuadrante este son los de menor aporte energético.

CONCLUSIONES

Disponemos de una herramienta que nos permite calcular las necesidades de calefacción de edificios donde la orientación juega un papel fundamental.

BIBLIOGRAFÍA

R. Solares, A. Fasulo y L. Odicino - Variaciones de variables climáticas en la región de San Luis - Actas de ASADES Vol. I, pp 02.33 a 02.36, 1996.

D. Saravia - Desarrollo de una calculadora psicrométrica - Actas de ASADES Vol. II, pp 439 a 442, 1991.

A. Fasulo, C. Esteban, D. Perelló y R. Solares - Variables Ambientales para la Aplicación de la Energía Solar en San Luis - Anales de la AFA, Vol. 6, pp 398 a 401, 1994.

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE REFRIGERAR EL HABITACULO DE UN VEHICULO UTILIZANDO EL CALOR DE ESCAPE.

Ing. Nelson Cotella, Ing. Sergio Antonelli, Ing. Juan Monge

LABORATORIO DE MAQUINAS TERMICAS E HIDRAULICAS
FACULTAD DE INGENIERIA -
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
5800 - RUTA NACIONAL 36 Km. 601 - RIO CUARTO - CBA. - ARGENTINA
FAX 54 58 676246 email ncotella@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo estudia la factibilidad de utilizar la energía térmica provista por los gases de escape de los motores de combustión interna alternativos de aplicación en automóviles, como fuente de calor de un ciclo frigorífico de absorción destinado al acondicionamiento del habitáculo del vehículo.

Con esta propuesta se lograría simultáneamente una mejora en el rendimiento global del sistema motor – vehículo y una disminución en la contaminación producida por el mismo.

Para ello se realizaron estudios teóricos y mediciones de campo a fin de determinar la cantidad de calor cedida en el escape en las distintas condiciones de uso.

Mediante un relevamiento bibliográfico se analizaron los distintos ciclos de absorción para producción de frío y sus performances a fin de determinar el óptimo para esta aplicación.

Se concluye que el sistema es viable, para solicitaciones externas extremas y velocidades de marcha del vehículo superiores a los 90 Km/h.

INTRODUCCION

Los motores de combustión interna, ceden en su sistema de escape aproximadamente un tercio de la energía provista por el combustible, en otros palabras, se pierde tanta energía por el escape como la convertida en trabajo útil. (Kite 1984, Giacosa 1988).

Los vehículos automotores no escapan a esta consideración, la que toma preponderancia por las condiciones de carga variable que se manifiestan en la marcha del móvil.

Esta energía es factible de ser utilizada como fuente de calor de un ciclo frigorífico por absorción con destino al acondicionamiento del habitáculo. (Alhussein 1993).

Para estudiar la posibilidad de su implementación es fundamental la determinación de la cantidad de calor cedida conjuntamente con los gases de escape en los automotores, parámetro este que determinara el rango de utilización y su posibilidad de aprovechamiento como fuente de calor de un ciclo frigorífico de absorción.

DESARROLLO

La cantidad de calor provista por el motor de un vehículo en particular, depende de las características del mismo y de las solicitaciones del motor. Dichas solicitaciones responden a condiciones externas de utilización, destacando entre otras a la velocidad de desplazamiento del automotor.

Para determinar experimentalmente la cantidad de calor cedida en el escape en función de la velocidad de desplazamiento se realizaron ensayos sobre dos automóviles fabricados en la Argentina, uno con motor ciclo Otto (Renault modelo 21 Nevada) y otro con motor ciclo Diesel (Fiat modelo Duna SD 1.3). La elección recayó sobre estos vehículos considerárselos representativos del parque automotor actual.

El Renault modelo 21 Nevada, equipado con un motor de 2,2 litros de desplazamiento, define un automóvil mediano grande con un confort que hace imprescindible el acondicionamiento de aire de su habitáculo.

El Fiat Duna equipado con un motor diesel de 1,3 litros de desplazamiento, representa la elección de un segmento del mercado que opta por automóviles medianos equipados con motor diesel.

Nota Técnica

DATOS TECNICOS DE LOS VEHÍCULOS ENSAYADOS

- RENAULT MODELO 21 NEVADA

Motor 2,2 litros ciclo Otto
Alimentación: Carburador
Encendido: Electrónico
Potencia max. 86 KW @ 5500 RPM
Cupla max. 182,6 Nm @ 3000 RPM
Carrocería: tipo Break Familiar 5 puertas
Peso en orden de marcha: 1315 Kg.

- FIAT MODELO DUNA

Motor 1,3 litros ciclo Diesel
Alimentación: inyección mecánica, bomba Bosch Rotativa
Potencia max. 33,1 KW @ 5000 RPM
Cupla max. 71,5 Nm @ 3000 RPM
Carrocería: Sedan 4 puertas
Peso en orden de marcha: 1150 Kg.

En ambos casos citamos datos declarados por el fabricante.

ENSAYOS

Con el objeto de determinar la cantidad de calor cedida en el escape, se realizaron mediciones de temperatura de los gases de escape y masa de gases evacuados.

Para medir la temperatura de escape se colocó una termocupla en el colector de escape de cada uno de los vehículos.

La termocupla utilizada fue de tipo K (Ni-Cr, Ni-Al) con un diámetro de 2 mm, en vaina de acero inoxidable. El instrumento encargado de proporcionar la información de la temperatura existente fue un pirómetro digital.

Con el objeto de determinar la masa de gases evacuados por el escape, se procedió a medir la cantidad de aire admitida por el motor y adicionarle la masa de combustible ingresado.

La medición del caudal másico de aire se llevó a cabo mediante una brida calibrada y su correspondiente recipiente amortiguador de pulsaciones en la admisión de aire del motor.

Se utilizaron dos diámetros de bridas distintos (25 mm y 38 mm) según el tipo de motor y el régimen al que fue sometido, con el fin de lograr la mayor sensibilidad del método de medición y minimizar los errores.

El caudal de combustible ingresado al motor se determinó por medios analíticos en base a los restantes parámetros de funcionamiento, y se corroboró en el caso del Renault 21 NEVADA, con lo indicado en el ordenador de a bordo.

Con los datos de temperatura y caudal de gases se procedió al cálculo de la cantidad de calor por medio de la siguiente expresión:

$$Q = M_g C_p (T_e - T_c)$$

M_g = masa de los gases

C_p = calor específico de los gases de escape a presión constante. (Valor medio calculado)

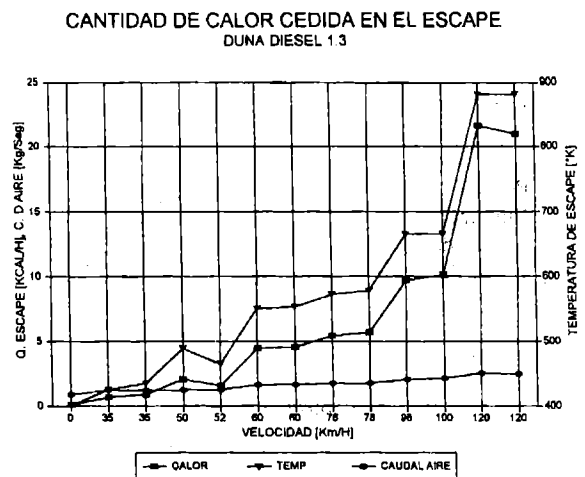
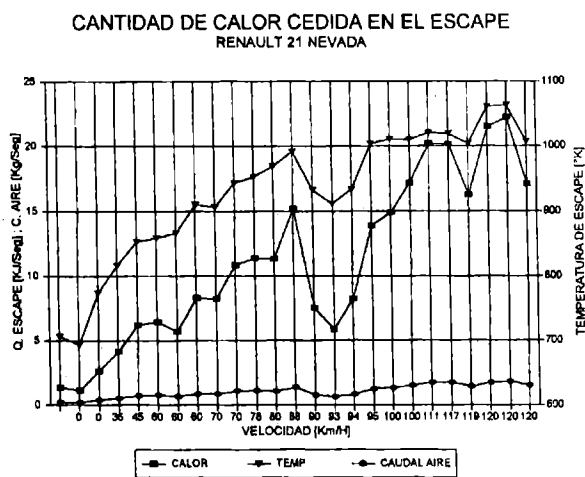
T_e = temperatura en el escape

T_c = temperatura presunta a la salida del intercambiador del ciclo frigorífico.

El calor específico de los gases a presión constante se calculó mediante la composición gravimétrica teórica de los gases de escape a partir del combustible utilizado, obteniéndose un valor del C_p para el motor a nafta de 1,088 KJ/Kg°K y para el Diesel 1,046 KJ/Kg°K

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en los gráficos N° 1 y N° 2, que se adjuntan.



Los datos de velocidades que aparecen duplicados se deben a la posibilidad de transitar a esa velocidad en distintas tomas de la caja de velocidades.

NECESIDADES DE REFRIGERACION EN LOS AUTOMOVILES

Las necesidades de acondicionamiento del vehículo se encuentran regidas de manera preponderante por la gran superficie vidriada y de chapa de acero expuesta a la acción directa del sol de verano.

La presencia del motor con su correspondiente cesión de calor al medio circundante, con una rápida circulación de aire exterior, hace que el sistema de refrigeración tenga que poseer una capacidad considerable en comparación con el volumen del habitáculo.

En caso de haberse encontrado el vehículo largo tiempo expuesto a la acción del sol, sin acondicionamiento, se requiere rápida intervención del sistema de refrigeración, para ello se hace necesario disponer de equipos de gran capacidad y baja inercia para su puesta en régimen. (Vrinat 1993, Ollier 1993)

La potencia necesaria según los distintos autores y fabricantes oscila entre 4 KJ/seg. y 7 KJ/Seg. de acuerdo al tamaño del habitáculo, confort, precio de venta, prestaciones, etc. (Adler 1987).

Se seleccionó en función de las características particulares de cada uno de los vehículos ensayados, los siguientes valores: para el Fiat Duna 4 KJ/Seg., y para el Renault 21 Nevada 6 KJ/Seg.

También se requiere de un sistema de refrigeración por absorción, compatible con los reducidos espacios disponibles dentro de un automóvil y además con la capacidad de entrar en régimen en tiempos aceptables con los requerimientos del sistema.

Para una implementación de este tipo se deberá seleccionar un sistema con componentes de tamaño reducido, lo que implica una menor masa con bajo tiempo de puesta en régimen. Para ello se creyó conveniente utilizar un sistema de simple etapa de bromuro de litio - agua, en desmedro de su rendimiento frente a sistemas mas elaborados.

Los rendimientos (C.O.P.) alcanzados se encuentran entre 0.5 a 0.7. En este trabajo utilizaremos 0.6 por tratarse de equipos con limitaciones de tamaño, temperatura máxima y con aportes de calor discontinuos. (Alefeld 1991, Jeng 1989, Ziegler 1993, Perez-Blanco 1992)

Al intercambiador de calor utilizado como generador del ciclo se le adjudicó un rendimiento de 0,8. Este rendimiento se ve afectado durante el uso por el ensuciamiento propio de equipos que trabajan con gases de escape de motores de combustión interna sometidos a cargas variables, como en el caso de un automóvil.

POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACION

Los valores de calor necesarios resultan en cada caso de afectar a las necesidades de calor por los rendimientos del ciclo frigorífico y del intercambiador.

FIAT DUNA SD 1.3 8,33 KJ/Seg.
RENAULT 21 NEVADA 12,5 KJ/Seg.

Del análisis de los requerimientos de calor del ciclo y del gráfico de disponibilidad del mismo en función de la velocidad se destaca que las necesidades de acondicionamiento del interior del vehículo se verán satisfechas para estados de carga del motor que se alcanzan a velocidades superiores a 95 Km/H en el Renault 21 Nevada y 90 Km/H en el Duna Diesel 1300.

Nota Técnica

Estos valores son los requeridos para obtener la máxima potencia frigorífica necesaria para lograr el acondicionamiento del habitáculo en condiciones extremas.

CONCLUSIONES

Podemos destacar que las necesidades de acondicionamiento del interior del vehículo, para obtener la máxima potencia frigorífica requerida para lograr el acondicionamiento del habitáculo en condiciones extremas, se verán satisfechas para estados de carga del motor que se alcanzan a velocidades superiores a 95 Km./H en el Renault 21 Nevada y 90 Km./H en el Duna Diesel 1300.

Las necesidades de acondicionamiento del interior del vehículo no se verán satisfechas en el tránsito normal de ciudad en el caso de los vehículos sometidos a ensayo. Esto es compatible con resultados obtenidos por diversos autores. (Alhusein 1993).

Es de destacar que considerando ciclos de absorción más elaborados se obtendrían resultados más favorables, no debiendo descuidar las limitaciones expuestas en cuanto a espacio físico disponible dentro del vehículo, tiempo de repuesta del equipo y nivel respecto al horizontal que se ve sometido durante la marcha.

Si las solicitaciones externas no son en extremo severas concluimos que el sistema es viable, pero presenta limitaciones para velocidades de marcha reducidas.

Queda abierta la posibilidad de estudiar la implementación en motores estacionarios, donde las limitaciones de espacio, la variación del estado de carga e inconvenientes ocasionados por el movimiento pasan a un segundo plano.

REFERENCIAS

- Adler U., BOSCH, 1987, "Manual de la técnica del automóvil", Ed. Reverte.
- Alefeld G, Kern W. et al, 1991, "Advanced Absorption Cycles For Environmental Protection", XVIII Congreso Internacional Du Froid, Montreal 1991, Paper N° 176.
- Alhusein, A. Inayatullah. G., 1993, "Systeme a absorption pour climatiseur d'automobile fonctionnant avec la chaleur d'echappement", Rev. Gen Froid, mars 1993, pp 28-29.
- Giacosa, D., 1988, "Motori endotermici", Ed. Hoepli.
- Jeng, C. Y., 1989, "A Simple Analysis on the Performance of Absorption Heat Pump System", Intersoc. Energy Conversion. 1989, 24(4): pp 2111-2116.
- Kite, W. H. Jr. and Dickey, J. R., 1984, "Exxon Research and Engineering Co. U.S.A".
- Ollier, C., 1993, "La climatisation des voitures et vehicules industriels", Rev. Gen Froid, mars 1993, pp 27-28
- Perez-Blanco H., 1992, "Conceptual design of a high-efficiency absorption cooling cycle", Rev Int. Froid Vol 16 N° 6 pp 429-433, 1993.
- Picard P., 1992, "Les systemes a absorption. Journees Francaises du froid 1992", Revue Generale du Froid. Jouil. aout 1993, pp 50-53.
- Vrinat, G., 1993, "La climatisation des vehicules, Systemes Potentiels", Revue Generale du Froid, mars 1993, pp 24-27.
- Ziegler, F. and Riesch, 1992, "Absorption Cycles. A Review with Regard to Energetic Efficiency", Heat Recovery systems, vol 13 N° 2 pp 147 - 159, 1993.

CONTROL BORROSO APLICADO A LAS BASES DE DATOS DEL SECTOR TERCIARIO. PRIMER MODELO SIMPLE CAPA PARA EL SUBSECTOR SALUD

Carlos A. Discoli[&], Fernando Romero^{**}

Instituto de Estudios del Hábitat, IDEHAB, U.I. N°2, FAU, UNLP.

Callc 47 N°162. CC 478 (1900) La Plata.

Tel-fax: 021-214705. E-mail: erosenfe@isis.unlp.edu.ar

RESUMEN

El control y diagnóstico temprano de las redes complejas del sector terciario, requiere del desarrollo de una metodología amplia que interprete a los sistemas con exigencias crecientes. Por tal motivo se han desarrollado, adaptado e implementado teorías y técnicas borrosas compatibles a la determinística, que permitan evaluar e inferir escenarios alternativos en función de variables estructurales y críticas. En éste trabajo se desarrollan los avances y dificultades encontradas.

INTRODUCCIÓN

El sector terciario y en este caso el subsector salud, analizado como un sistema complejo de redes productoras de servicios de gran heterogeneidad, abarca un universo importante de variables críticas y estructurales, con una dinámica de múltiples entradas y salidas lineales, no lineales, invariantes o variables en el tiempo.

La amplitud del campo experimental requirió la elaboración de una metodología abarcativa, que sistematice la información y permita generar diagnósticos tempranos de los sectores en estudio, utilizando herramientas de análisis determinista y de lógica borrosa. Inicialmente se elaboró un sistema de control y diagnóstico temprano, publicado en encuentros anteriores (C.Discoli et al 1993a¹ y 1993b²), el que ha permitido sistematizar la información, correr rutinas estadísticas descriptivas y determinísticas, generando múltiples salidas de información básica y calificada. Se han desarrollado los primeros índices y perfiles de comportamiento de una red productora de servicios mostrando las características antes detalladas (C.Discoli, 1995a³ y 1995b⁴). Con el objeto de considerar dentro del mismo sistema la información subjetiva de informantes calificados, se ha incorporado como alternativa complementaria la teoría de conjuntos borrosos adoptando una generación de expresiones de valor o calificaciones de cualidades de los entes estudiados (redes edilicias de servicios) expuestos en (A.Bignoli, 1993⁵, C.Discoli, 1995c⁶ y C.Discoli y F.Romero, 1997⁷), flexibilizando y enriqueciendo al sistema. Este trabajo muestra los cambios metodológicos y los avances realizados en la integración de las disciplinas y del modelo piloto planteado en C.Discoli y F.Romero, 1997.

METODOLOGÍA

Se mejora la metodología de análisis, trabajando en serie-paralelo y en forma iterativa, incorporando la lógica determinista y borrosa en el diseño de un sistema de diagnóstico integrado. La figura 1 muestra el nuevo esquema síntesis de la propuesta.

La información sistematizada puede ser analizada por ambas vertientes, además de utilizar las salidas de una de las áreas de análisis como entradas de la otra. Las vertientes determinística y borrosa pueden analizar las variables objetivas y subjetivas significativas del sistema y provenientes de informantes calificados de los sectores en estudio. En el caso del análisis borroso, a cada variable se considera en particular, se le asigna una valoración lingüística y un grado de pertenencia o grado de aceptación para rangos definidos discretamente. El estado de relación entre las mismas se define por medio de pautas (reglas) que se elaboran en función del conocimiento y/o comportamiento previo entre variables y la experiencia acumulada. La construcción de las reglas no contempla una lógica y una metodología definida, requiriendo solo consistencia, coherencia y evitar la duplicidad.

El tratamiento de la información, comprensión de la situación, obtención de diagnósticos y generación de escenarios dependerá de la cantidad de variables, de las reglas y sus interacciones y del tamaño del controlador difuso. En el modelo planteado en (⁷), las reglas incorporadas han generado distorsiones en las salidas del modelo. Los problemas se detectaron en la definición, en la probabilidad del disparo y corrida de las mismas. Para su verificación y corrección se han utilizado los perfiles de caracterización de las variables desarrollados en C.Discoli, 1995b y precisando con mayor detalle las frecuencias de distribución de los rangos discretos de las variables analizadas, con el objeto de corregir el proceso en la etapa de fuzzificación (Esto es adoptar grados de aceptación o de pertenencia precisos para las variables lingüísticas planteadas).

Al controlador difuso del modelo simple capa presentado en C.Discoli y F.Romero, 1997. se le incorporaron las modificaciones mencionadas, y se está ensayando con las variables camas, superficie, tipología y producción. Las salidas que se están obteniendo, en este caso de energía requerida, son equiparables a las del sistema real (nodos de la red de salud).

[&] Investigador CONICET.

^{**} Prof. Apoyo. FAU-UNLP

Nota Técnica

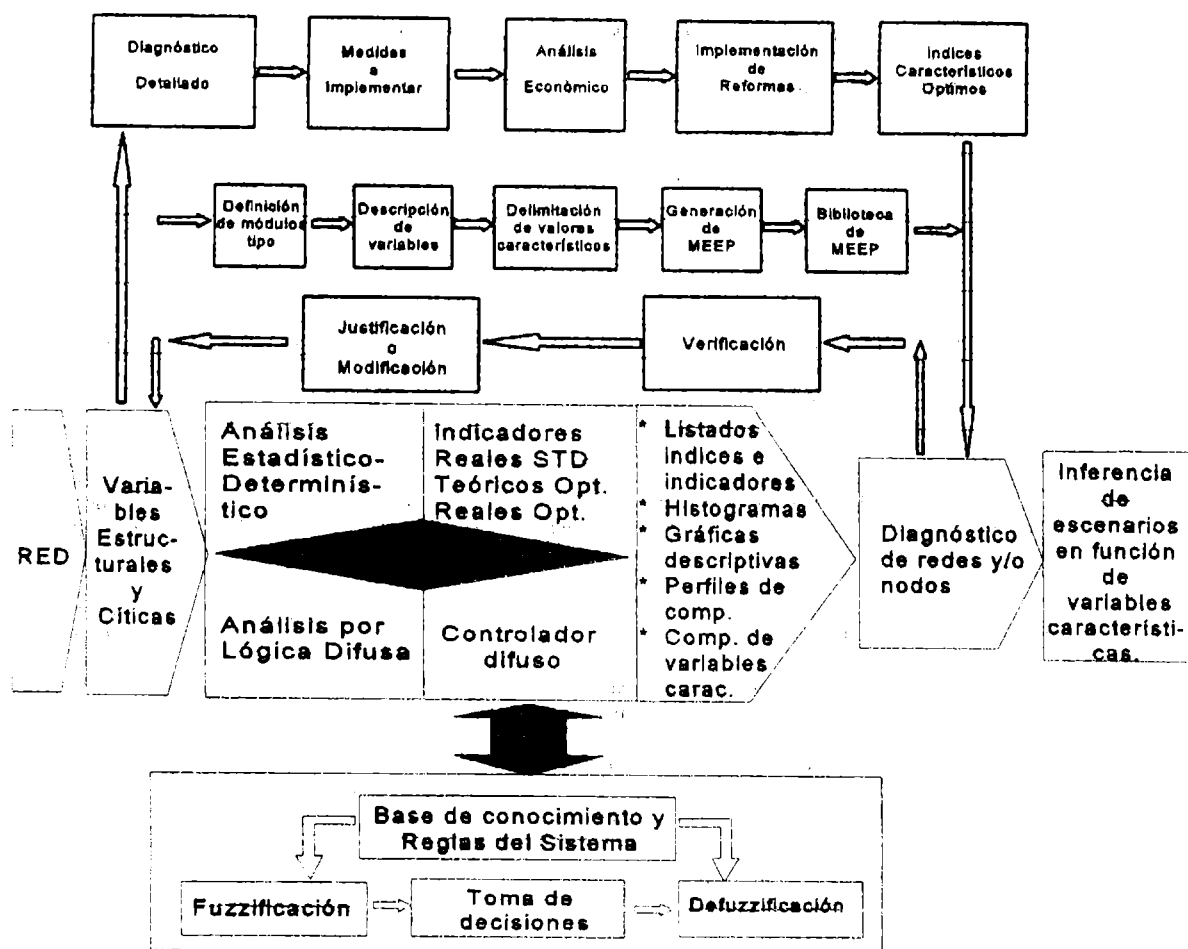


Figura 1: Esquema simplificado de la metodología propuesta

El modelo simple capa apunta a dar respuestas a escala global, acorde al sistema de control y diagnóstico propuesto para el sector en estudio. Considera macrovariables particionadas como en la metodología de diagnóstico presentada en C. Discoli et al. 1993a. (esto es localización, sanitarias, edificaciones, etc.), involucrándolas con la infraestructura funcional del sector de servicio tratado (administración, Internación, Consultorios Externos, Laboratorio y diagnósticos y CAP) y orientando las salidas según los requerimientos del caso (energía fig.2). Incorporar la diversidad de variables mencionadas y abordarlas detalladamente Y. Rosenfeld et al. 1997⁸, implica generar modelos multicapa, en el cual estas salidas pasarían a ser entradas de otras etapas posteriores. Para ello se emplearían técnicas de redes neuronales. Estas son técnicas que permiten enlazar módulos de programa entre sí, de tal manera que las distintas salidas sean entradas de otros programas, con un determinado peso, lográndose una arquitectura similar a la de las neuronas en el cerebro humano, en la cual la salida del axón está determinada por las distintas excitaciones que llegan a las dendritas provenientes de otros axones pertenecientes a otras neuronas.

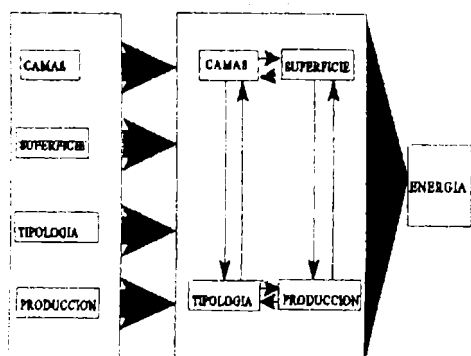


Figura 2: Modelo simple capa a escala global

En un modelo multicapa, inserto dentro del sistema integral, la modificación de una variable de entrada, (ej: número de camas), para un análisis detallado, repercute prácticamente en todas las áreas planteadas en la partición funcional, debiendo considerar el nivel de capacidad ociosa de cada una de ellas y el grado de cambios que soporta manteniendo sus indicadores de eficiencia en rangos aceptables en la prestación de servicios. Si quisiéramos representar gráficamente esta situación (la instancia camas) partiríamos de un diagrama combinado serie- paralelo, semejante a las interrelaciones de las neuronas. La fig.3 muestra una aproximación del diagrama combinado.

El modelo piloto planteado cuenta con:

- i. **Variables de entrada:** es el conjunto mínimo de variables que describen el estado del sistema. Este conjunto de variables define el espacio de entrada y el de salida.
- ii. **Fuzzificación:** es el proceso mediante el cual los valores que definen un estado, originalmente discretos, son convertidos en conjuntos difusos. Para ello, seguimos los siguientes pasos: a) Transformamos sus rangos (obtenidos en estudios estadísticos) en universos de discurso. b) En el caso de ser un universo continuo, lo discretizamos. c) Particionamos en conjuntos difusos (asignamos funciones de pertenencia). d) Asignamos etiquetas lingüísticas a los distintos conjuntos difusos tales como bajo, mediano y alto (ver figuras 6 y 7 del modelo). Los valores discretos que entren a este proceso serán convertidos en conjuntos difusos.
- iii. **Base de conocimientos:** Está compuesto por las variables lingüísticas y las reglas. Esta base debe cumplir con ciertas condiciones, a saber: a) **Completitud:** La unión de las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos debe presentar un valor mínimo mayor o igual que 0.5, de tal manera que siempre habrá una regla con un grado significativo de pertenencia (peso). El incumplimiento de esta condición, como también las instancias fuera de rango, implica una falta de nivel mínimo de información, condición bajo la cual no se podrán tomar decisiones. Esta situación implicaría modificar la base de conocimiento para tener este nivel. b) **Consistencia:** Se debe evitar que dos reglas se contradigan. O sea que para una misma entrada, se disparen varias reglas con igual peso pero con salidas distintas. c) **Interacción entre reglas:** definida por el tipo de implicancia usada (Zadeh, Sugeno, Mandani).
- iv. **Base de reglas:** Contiene reglas del tipo "if A1 is a1 and A2 is a2...then V1 is v1", donde "Ai" son las entradas, "ai" las etiquetas lingüísticas, "Vi" la salida, y "vi" la etiqueta de la salida. Ellas permiten introducir en forma simple conocimiento proveniente de estudios anteriores o de experiencia de personas expertas.
- v. **Toma de decisiones:** Para la toma de decisiones, se utiliza la lógica de inferencias y la regla composicional de inferencias. Se basa en inferir el estado de una variable a partir del estado de otra. Se trata de emular el funcionamiento de la inteligencia humana (inteligencia artificial), que tiene como virtud, según Zadeh, atribuir grados de pertenencia a un conjunto de un elemento dado en forma rápida y sencilla (A. Bignoli, 1993). En este módulo se define que reglas se activan y con que peso.
- vi. **Defuzzificación:** Es el proceso mediante el cual se obtiene a partir de una variable difusa una salida discreta. Esto se hace por distintos métodos: a) Criterio del máximo: Es el valor del universo de salida con máximo valor de pertenencia. Si hay más de un valor no queda determinado. b) Criterio del medio de máximos: Toma el promedio de los máximos. Se desperdicia información, pues no tiene en cuenta la forma de las funciones de pertenencia de salida, la cual se pierde. c) Criterio del centro del área: Se usa el centro de gravedad de la superficie bajo la curva de la unión de las funciones de pertenencia de salida.

CORRECCIONES A REALIZAR EN EL MODELO PILOTO

Se ha trabajado con variables estructurales y algunas críticas, según el escenario de coyuntura, generando un sistema de una capa, con el objeto de definir los estados energéticos en función de diversos requerimientos como el clima, la tipología, la producción, la complejidad, el número de camas y los presupuestos (variables de entrada del sistema). Se detalla en forma sintética, a título de ejemplo, los componentes principales del modelo.

El proceso de fuzzificación de las variables definidas generan los conjuntos difusos con sus grados de pertenencia, contemplando las restricciones mencionadas en el punto iii (completitud, consistencia e interacción). Para definir las funciones de pertenencia debemos especificar que entendemos por las etiquetas que asignamos a cada variable lingüística, y la cantidad de ellas. Para esta tarea se tomaron datos estadísticos, sobre los que se hizo un histograma. Este histograma nos suministra información para:

- * Definir los rangos de los universos: Será el mismo del histograma, ya que no tiene sentido definir etiquetas para casos inexistentes, al menos en esta etapa del proyecto.
- * Definir la cantidad de etiquetas: Debemos localizar la moda y los puntos sobresalientes del histograma. Luego definir un valor de corte. En general, se trató de no definir muchas etiquetas porque ello hace más pesada la tarea de procesamiento al tener necesidad de iterar el sistema en una cantidad mayor de matrices. Esto es debido a que cada etiqueta es un vector definido para todos los puntos del universo.
- * Dar forma a la función de pertenencia: Estará determinada por la forma del histograma a los lados de los puntos sobresalientes del histograma. Dichos puntos representarán el valor 1 para la función de pertenencia, y luego irá bajando dicho valor de acuerdo a los valores de frecuencia. Se debe tener en cuenta que si después de este proceso hay lugares en el universo en los cuales ninguna etiqueta presenta un valor, para dichos valores no suministrará salida el sistema, debido a que no se disparará ninguna regla. Debido a ello es que conviene expandir las funciones de pertenencia para asegurar un valor mínimo de función de pertenencia en el universo. Dicho valor se tomó como 0.5.

Las figuras 4 y 5 muestran los histogramas de algunas de las variables de entrada y las figuras 6 y 7 los diagramas de función de pertenencia de cada variable con el número definido de etiquetas.

Para la definición de las reglas del sistema: Se tomaron valores reales de las variables de entrada y salida de un hospital para cada regla, se ubicó dentro de las respectivas variables lingüísticas para asignarlo a una etiqueta, y se le dio el formato de regla. Para mayor claridad damos un ejemplo: **Hospital:** Interzonal San Martín. **Superficie:** 31.950 m². **Etiqueta a la que pertenece:** alto. **Camas:** 522. **Etiqueta a la que pertenece:** alto. **Producción:** 14.299. **Etiqueta a la que pertenece:** alto. **Tipología** (Valor del G): 2,55. **Etiqueta a la que pertenece:** alto. **Energía:** 7.384.778 Kwh. **Etiqueta a la que pertenece:** alto. En función de las etiquetas la regla quedaría: if Sup. is alto and camas is alto and producción is alto and tipología is alto then energía is alto. Con respecto a la reducida información de alguna de las variables en juego (consumo de energía en los establecimientos chicos), parte de las reglas se construyeron con los perfiles de caracterización, los cuales permiten inferir valores aproximados. En la medida que se amplíen las bases de datos y en consecuencia la base de conocimiento sobre el tema, estas estimaciones serán corregidas.

La redefinición de las reglas no necesariamente contemplan todas las combinaciones posibles entre las variables ya que el grado de dependencia entre ellas no es simétrico. La base de reglas requiere de una construcción cuidadosa, dado que ante una determinada

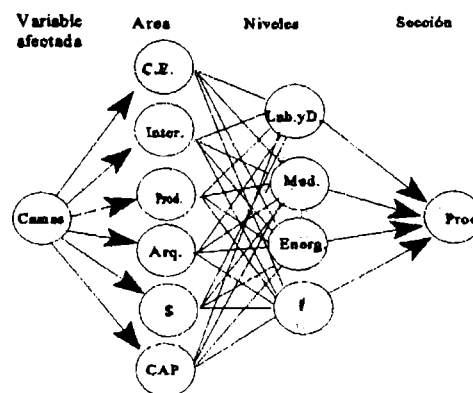


Figura 3: Diagrama combinado serie-paralelo.

Nota Técnica

Histograma de cantidad de camas
Agudos de la Pcia. Bs.As.

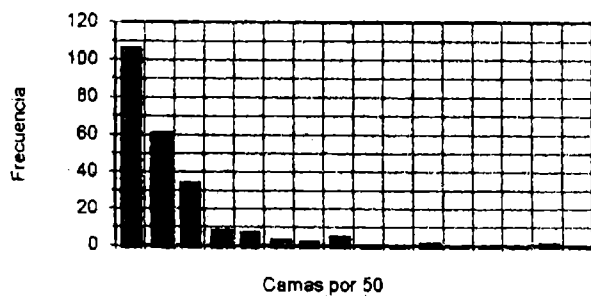


Figura 4: Histograma de la variable camas.

Histograma de producción
Agudos en la Pcia. Bs.As.

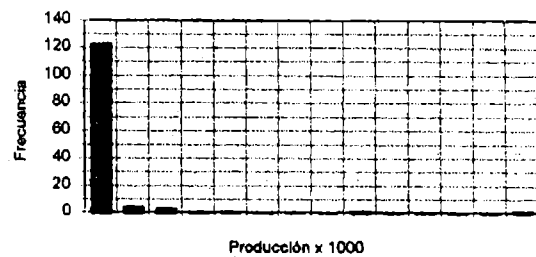


Figura 5: Histograma de variable producción

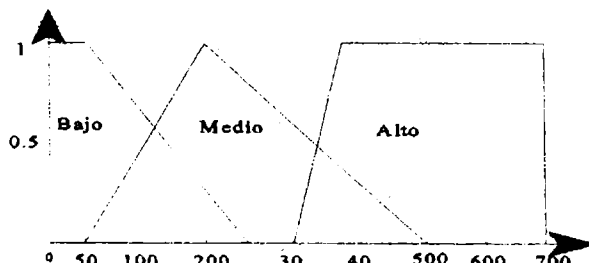


Figura 6: Diagrama función de pertenencia, CAMAS.

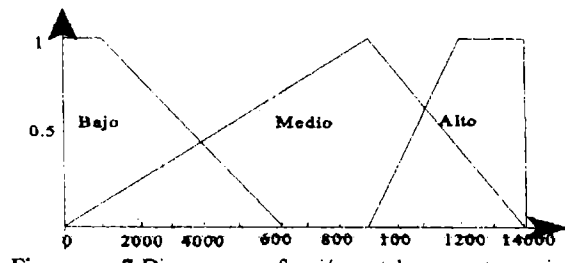


Figura 7: Diagrama función de pertenencia, PRODUCCION.

entrada, las reglas deberán ser activadas correctamente para el análisis de la situación y la toma de decisiones. Un detalle de la configuración se publicó en C. Discoli y F. Romero, 1997. En la etapa de desfuzzificación, las salidas difusas del sistema (variable requerida) se discretiza por los métodos mencionados en el punto vi del modelo piloto. Para la simulación del modelo se utilizó el software Matlab con su extensión para lógica borrosa, Fuzzy Inference Systems toolbox (FISMAT).

CONCLUSIONES

- * Metodológicamente se plantea un análisis en paralelo e iterativo, integrando la lógica determinística y borrosa en un mismo sistema de diagnóstico. De ésta manera existiría un mayor aprovechamiento en el manejo de ambos instrumentos, mejorando la convergencia de las salidas requeridas. Ambas vertientes parten de una base de datos común, con tratamientos diferenciados, adoptando en algunos casos la salida de una de ellas como entrada de la otra, mejorando el proceso de fuzificación, de obtención y de justificación de las reglas, ajustando la inferencia en la toma de decisiones y en la salida de requerimientos (nuevos inputs para futuros modelos multicapa de "Redes Neuronales" y realimentar a ambos tratamientos.
- * El modelo piloto planteado en C. Discoli y F. Romero, 1997 ha permitido mejorar algunas fases del proceso (Fuzificación y Base del Conocimiento, ver fig.1), ajustando los grados de pertenencia de las variables lingüísticas consideradas y la construcción y justificación de las reglas.
- * Se ha mejorado, sistematizado y unificado la fuzificación y desfuzificación para los distintos algoritmos utilizados (Zadeh, Sugeno, Mandani).
- * Reestructurar el proceso de diagnóstico ha permitido mejorar la adaptación de teoría y técnicas relacionadas con el control moderno, aproximándonos a los sistemas complejos con exigencias crecientes.

REFERENCIAS

- Discoli, C. y Rosenfeld, E. (1993a) Diagnóstico temprano y control de la gestión energético-productiva del hábitat en el sector terciario. 16ª Reunión de Trabajo de ASADES. Tomo I, pp.67-71. La Plata.
- Discoli, C. Rosenfeld, Y y Tesler, J. (1993b) Sistema informatizado para el control y diagnóstico en redes edilicias de salud. Versión Beta. 16ª Reunión de Trabajo de ASADES. Tomo I, pp.53-58. La Plata.
- Discoli, C. (1995a) Perfil energético en las redes complejas de servicios del sector terciario. El caso salud. 18ª Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis, 1995.
- Discoli, C. (1995b) Diagnóstico de redes complejas de servicios. perfiles energéticos-productivos para el sector salud. Seminario Internacional de la Gestión del territorio: Problemas Ambientales y Urbanos, CEI-UNQ. En prensa, 8p.
- A. Bignoli (1993). Teoría de los conjuntos borrosos, Academia Nacional de Ingeniería. Bs. As.
- Discoli, C. (1995c) Aplicación de los conjuntos borrosos a las bases de información del sector terciario. Prueba piloto para el subsector salud. 18ª Reunión de Trabajo de ASADES, San Luis.
7. Discoli, C y Romero, F. (1997) Desarrollo metodológico aplicando control borroso a las bases de datos del sector terciario, subsector salud. 19ª Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata.
8. Rosenfeld, Y, Martini, I. Discoli, C., Tesler, J. Rosenfeld, E. (1997) Sistematización y biblioteca de módulos energéticos-productivos (MEEP) del subsector salud. 17ª Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata 1997.
- 9 Matlab for Windows. Manual de uso.

MEDICIONES DE CALIDAD DE AIRE EN LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

Mario E. Rosato *, Jorge Reyna Almandos *#, Jorge L. Ripoli *. Vilma G. Rosato *,
Juan C. Alberino *, Silvia Marteau *
* U.T.N. Facultad Regional La Plata
Calle 60 esq. 124 - (1900) La Plata - Fax (021) 82 3155
C.I.Op. (Centro de investigaciones Opticas)
C.C. 124 - (1900) La Plata - Fax (021) 71 2771
EMAIL postmaster@ciop.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo de carácter multidisciplinario constituye un aporte para el mejor conocimiento de la calidad del aire de la zona urbana e industrial correspondiente a La Plata, Berisso y Ensenada. Se intenta correlacionar los resultados obtenidos mediante el empleo de distintas técnicas, tales como corrosión atmosférica sobre acero, líquenes como bioindicadores y medición de dióxido de azufre por métodos óptico y químico.

Se hace un comentario de la corrosión atmosférica sobre el acero, y los efectos que produce. Se presentan las ventajas e inconvenientes de la utilización de bioindicadores de contaminantes del aire, en particular los líquenes.

Se describen las metodologías empleadas en cada técnica y se citan los equipos e instrumentos utilizados.

Finalmente se brindan los resultados preliminares obtenidos en cada caso hasta el presente y un comentario de los mismos.

INTRODUCCION

La contaminación atmosférica afecta a diversos materiales, entre ellos los aceros y se utilizan como materiales testigo (indicadores) válidos para ser tomados como referencia de la agresividad de la atmósfera.

La corrosión atmosférica es un proceso electrolítico de carácter multifacético y constituye un problema local que produce efectos directos. Está asociada a centros urbanos e industriales y disminuye drásticamente con el alejamiento de las fuentes de emisión.

Los factores que afectan la corrosión del acero al carbono son: temperatura, humedad y niveles de contaminantes de la atmósfera, influyendo cada uno de ellos en la velocidad de corrosión. La lluvia por su parte actúa humedeciendo la superficie, provocando el transporte de los generadores de corrosión (iones hidrógeno y sulfato) y arrastre de contaminantes depositados en la superficie del metal durante el periodo seco precedente. La velocidad de corrosión no es constante en un medio y a su vez es diferente en distintos ambientes.

La contaminación atmosférica afecta también a los seres vivos -flora y fauna- y pueden utilizarse como indicadores biológicos observando los cambios que los contaminantes del aire generan en ellos. Los líquenes, por su sensibilidad al SO₂, son un ejemplo bien conocido.

El uso de los bioindicadores tienen las siguientes ventajas: permiten realizar el muestreo de áreas más extensas en poco tiempo, son más económicos que los análisis convencionales y se comportan realmente como biointegradores. Entre las limitaciones del método se citan la imposibilidad de medir picos de contaminantes, la demora con que se da la reacción biológica y la necesidad de un buen conocimiento de la flora de la región en estudio.

En el caso particular de los líquenes también tienen valor como bioacumuladores, dado que son capaces de acumular los contaminantes existentes en la atmósfera. Si se miden los contenidos de estos contaminantes en ejemplares de herbario y muestras provenientes de distintas zonas es posible comparar los niveles de contaminación

CORROSION ATMOSFERICA SOBRE ACERO AL CARBONO

En el mes de octubre de 1996 comenzaron las tareas preliminares de medición de la tasa de corrosión de aceros en zonas de La Plata, Berisso y Ensenada con el fin de conocer aspectos del grado de contaminación atmosférica a través del índice de corrosión, que unido a mediciones de otros parámetros permite establecer la acción agresiva a que están expuestos los habitantes y sus bienes en las zonas en estudio. Por otra parte constituye un aporte a las estadísticas de

calidad de aire de la zona, siendo de interés para pobladores y autoridades competentes tanto en el ámbito Provincial como Municipal.

El método de trabajo consiste en exponer muestras de acero al aire libre durante treinta días en lugares seleccionados previamente. En ellas se determinan: la variación de peso, la formación de compuestos, tasa de corrosión, cantidad de material perdido si es que lo hay. Paralelamente se miden contaminantes del aire, como es el caso del dióxido de azufre por métodos de fluorescencia U V, y químico en la Facultad Regional La Plata tomado como de referencia, correlacionándolos con los parámetros meteorológicos.

Los lugares de ubicación de las muestras se eligieron en distintas zonas, una en Ensenada, calles San Martín y Marqués de Avilés, una en Berisso calles 12 y 151, una en la Facultad Regional La Plata (frente al Polo Petroquímico), una en la ciudad de la Plata, 1 y 36, lugar con gran circulación vehicular y de ferrocarril (Próximo Estación Ferroviaria), otra en zona de menor circulación de vehículos (64 y 117) y en el Laboratorio Central del Ministerio de Salud.

Las muestras consisten en discos de acero SAE 1020 de 60 mm. de diámetro y 3 mm. de espesor, con todas sus superficies pulidas. Se colocan al aire libre en posición vertical tomadas entre dos apoyos montados en un soporte. Cada soporte tiene una cubierta para proteger a las muestras de la lluvia permitiendo a la vez la libre circulación del aire. Los soportes con sus respectivas cubiertas se colocan sobre techos de edificios, teniendo en cuenta la posición relativa de chimeneas y otras fuentes de contaminación que puedan falsear los resultados. Las pesadas se realizaron con balanza analítica Sartorius al décimo de mgr.

Los resultados obtenidos hasta el presente muestran que en todos los casos se registró aumento de peso de las muestras expuestas y se comprobó que los problemas de corrosión atmosférica son realmente locales.

Los mayores aumentos de peso constatados correspondieron a las muestras expuestas:

- En la Facultad durante los meses de octubre y noviembre de 1996, enero y junio de 1997 correspondiendo el 0,491 %, 0,455 %, 0,128 %, y 0,081 % respectivamente.

-En febrero de 1997 se registraron aumentos similares en la Facultad, en Ensenada y en 1 y 36, 0,101 %, 0,103 % y 0,102 % respectivamente.

- En Marzo de 1997 el valor máximo correspondió a la muestra de Ensenada (0,066 %).

- En el mes de abril de 1997 la muestra de Berisso Aumentó el 0,153 %.

- En mayo de 1997 la muestra del Laboratorio Central registró un aumento del 0,319 %.

Por otra parte los análisis de las superficies de las muestras expuestas usando técnicas EDAX muestran muy pequeña formación de compuestos de azufre.

LIQUENES COMO BIOINDICADORES

En el presente año se comenzaron los trabajos sobre líquenes del género *Ramalina*. Como primera etapa, se realizaron los estudios taxonómicos para poder distinguir y reconocer las especies de la zona. A tal fin se realizaron observaciones con microscopio estereoscópico y microscopio, y se registraron medidas del talo, apotecios, ascos y esporas.

Se recolectaron muestras de *Ramalina* de la costa en la localidad de Magdalena. Parte de esos ejemplares se transplantaron a la sede de la UTN Reg. La Plata, y se expusieron durante 10 y 30 días. Se pesó un gr. de las muestras no expuestas y de las expuestas y se sumergieron en 50 ml. de agua destilada durante 5 minutos y una hora respectivamente. Al cabo de ese periodo se midió la conductividad y ph, tomando previamente los mismos parámetros del agua destilada, para lo cual se utilizó un conductímetro marca Orion modelo 115.

En las mediciones preliminares realizadas para la puesta a punto de la metodología de trabajo, se observaron incrementos de la conductividad y disminución del ph a medida que se aumenta el tiempo de exposición. Esto se debe a que hay un mayor eflujo de Na y K, por el daño que la contaminación produce en la membrana celular.

MEDICION DE SO2 CON ANALIZADOR DE FLUORESCENCIA UV

Se continuó con el toma de datos de dióxido de azufre a través de un analizador marca Lear Siegler Measurement Controls Corporation modelo 9850, SO2 Fluorescent U V Analyser.

Durante el periodo de tiempo considerado no se observaron valores de concentración de SO2 con picos significativos como para poner en riesgo la salud de la población. Dichos valores fueron comparados con los obtenidos en promedio utilizando el método químico de la pararosanilina, resultando ser concordantes. Asimismo se lo correlacionó con datos meteorológicos de la región provistos por la Facultad de Ciencias Astronómicas de la U.N.L.P.

CONCLUSIONES

Las mediciones de SO₂ con analizador de fluorescencia UV al presente indican niveles aceptables, para nuestra legislación vigente, con picos poco significativos.

Los trabajos realizados acerca de la corrosión de aceros al carbono corroboran que se trata de un problema local asociado a parámetros meteorológicos. En todas las muestras se observó aumento de peso debido a la formación de compuestos de hierro producidos por acción de la atmósfera.

En lo concerniente a los líquenes como bioindicadores, los primeros resultados indican un incremento de conductividad a medida que aumenta el tiempo de exposición y a la vez una disminución del pH del agua de inmersión.

Estos tres métodos: tasa de corrosión, bioindicadores, medición de SO₂ por fluorescencia UV y por métodos químicos constituyen distintos aportes a la hora de medir calidad de aire, con lo cual se sigue trabajando en busca de su correlación.

En anexo se adjuntan gráficos de resultados

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Lic. Rita Boneto del C.I.N.D.E.C.A. por la colaboración prestada y al personal técnico del CIOP en el mantenimiento del equipo analizador de SO₂ por UV

BIBLIOGRAFIA

- Kauppi, M. 1976- Fruticose lichen transplant technique or air pollution experiments. *Flora* 165 (8): 407-414
- Kashiwadani, H. 1987- Peruvian species of *Ramalina* (Lichens). in Inoue, H. (ed.): *Studies on Cryptogams in Southern Peru*.
- Kashiwadani, H. 1990- Some Chilean species of *Ramalina* (Lichens). *Bull. Nat. Science Mus. Tokyo, ser. B*, 16 (1): 1-12.
- Kashiwadani, H. y Kalb, K. 1993- The genus *Ramalina* in Brasil. *The Lichenologist* 25(1):1-31
- Lawrey, J.D. 1984- *Biology of lichenized fungi*. Praeger, 407 pp.
- Pearson, C y Henriksson, E. 1981- Air pollution damage to cell membranes in lichens. II Laboratory experiments. *The Bryologist* 84 (4): 515-520
- Puckett, K.J., Tomassini, F.D., Nieboer, E. y Richardson, D.H.S. 1977- Potassium efflux by lichen thalli following exposure to aqueous sulphur dioxide. *New Phytologist* 79: 135-145.
- Kennet Wark and Warner C. F. 1990. *Contaminación del aire*. Limusa Grupo Noriega.
- del Giorgio J. A. 1977. *Contaminación Atmosférica*. Alhambra
- Morettón J. 1996. *Contaminación del aire en la Argentina*. Ediciones Universo.
- Baboian R. ACS 1986. Symposium Series 318. *Materials Degradation Caused by Acid Rain*. American Chemical Society. pag.104 a 151.
- Herbert H. V. 1979. *Corrosion Handbook*. John Wiley & Sons Inc.
- Shreir PhD FRIC. FIM. 1976. Ed. Newnes Butterworths London Vol 1. Vol 2.
- Vilche J. R. Varela F. E. et al. 1995. A Survey of Argentinean Atmospheric Corrosion: I - Al and Zn Samples. *Corrosion Science* Vol. 37. N° 6 pp 941 - 961

GRAFICO 1: Corrosión atmosférica sobre acero al carbono.

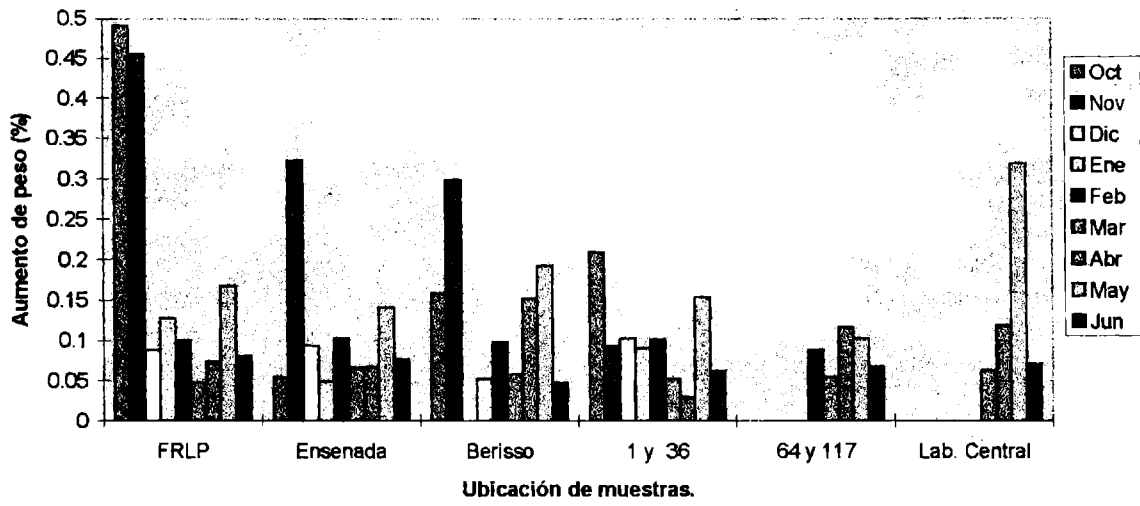


GRAFICO 2

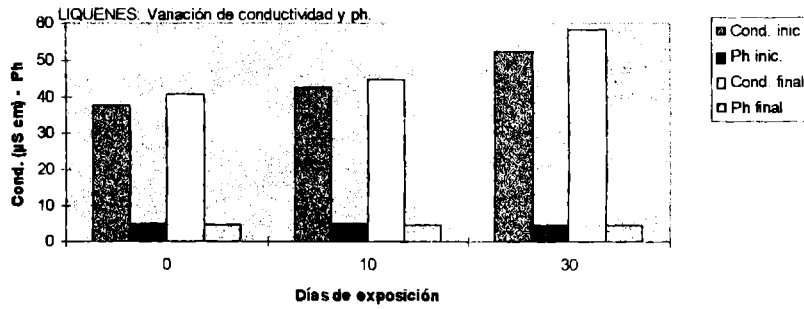
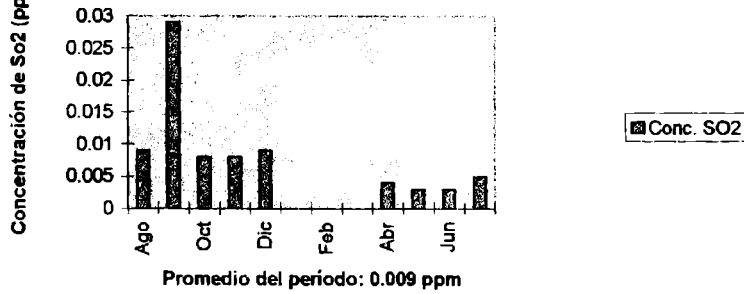


GRAFICO 3: Medición de SO2



PROPUESTA DE FICHA DE PRE-INVENTARIO PATRIMONIAL EXTENSO, QUE INCORPORA LA DIMENSIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL. 2do Estado de avance.

María Cristina Domínguez*, Jorge Daniel Czajkowski y Analía Fernanda Gómez*

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.
Calle 47 N°162. C.C.478 (1900) La Plata, Buenos Aires. Tel./Fax.: 54-21-214705. E-mail: czajko@isis.unlp.edu.ar.

RESUMEN

El análisis de instrumentos de relevamiento global utilizados en el país, aplicados a preinventario e inventario patrimonial entre otras, permitió detectar que por una parte presentan un salto muy grande de información entre los dos niveles de relevamiento y por otro no contemplan variables de confort ambiental. Esto nos llevó a proponer una ficha intermedia, denominada pre-inventario extenso y además la inclusión de la variable confort ambiental, que ayudarían a caracterizar las futuras intervenciones, permitiendo asimismo una nueva dimensión para la valoración patrimonial.

En estas fichas se aumenta la cantidad y nivel de información para facilitar la valoración y definir los cursos de acción que correspondan, habiéndose obtenido un significativo avance mediante la integración en un solo instrumento de lo patrimonial y lo ambiental.

Se expone, la metodología utilizada y un estado de avance de la ficha de pre-inventario extenso y valoración patrimonial. Ésta contempla dos niveles de acercamiento al caso (área/sitio y edificio), pretendiendo avanzar en el estado del arte.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de patrimonio (desde el punto de vista arquitectónico y urbanístico) hablamos de objetos físicos, objetos tangibles, ya sean edificios, muebles pertenecientes a esos edificios, áreas urbanas, o bien ciudades enteras. Esos objetos físicos son portadores de un mensaje, tienen un significado, que es inmaterial y es lo que justamente los convierte en patrimonio. Esa relación entre el objeto tangible y lo intangible es la que nos da la noción de patrimonio. (Conti, 1996)

La Carta de Venecia⁽¹⁾ de 1964, primer documento teórico internacional sobre la conservación del patrimonio, en su artículo 1º explicita: "La noción de monumento comprende la creación arquitectónica aislada, así como también el sitio urbano o rural que nos ofrece el testimonio de una civilización particular, de una fase representativa de la evolución, o de un proceso histórico. Se refiere no sólo a las grandes creaciones sino igualmente a las obras modestas que han adquirido, con el tiempo, un

XI - LP		ÁREA	SITIO		Fecha	
I. UBICACIÓN		II. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO		III. CARACTERÍSTICAS URBANAS		
01	PROVINCIA:	BUENOS AIRES	A	TOPOGRAFÍA	A	TEJIDO URBANO
02	REGIÓN:	METROPOLITANA	01	ALTAS	01	DENSIDAD
03	LOCALIDAD:	LA PLATA	02	BAJAS	02	USO
04	POBLACIÓN:	600.000 Hab.	03	PANTANOSAS	03	COMPACIDAD
			04	PENDIENTE	B	POLUCIÓN
II. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO		B. ZONA BIOAMBIENTAL IRAM 11603/92		01	HUMOS	
01	ÁREA:		01	ZONA III b	02	GASES
02	FLUVIAL:		02	REGIÓN: Templado Cálido Húmedo	03	OLORS
03	FPCC:		C	PAISAJE	04	RUIDOS
04	RUTA NACIONAL/RPOV:		01	LLANURA	05	PAISAJE URBANO
05	CAMINO SECUNDARIO:		02	RJO	01	SOBRE LÍNEA MUNICIPAL
III. CARACTERÍSTICAS URBANAS		03		MAR	02	CON RETIRO
A	SÍNTESIS HISTÓRICA	04		MONTAÑA	03	CONTINUIDAD HORIZONTAL
		05		OTRO	04	CONTINUIDAD VERTICAL
		D		PLANTAS	05	VEGETACIÓN
					06	RENOVACIÓN
					07	NUEVA ARQ. ADECUADA
					08	NUEVA ARQ. INADECUADA
					09	NUEVA ARQ. AGRESIVA
					10	PAISAJE NATURAL - NATURAL
					11	PAISAJE NATURAL - CULTURAL
					12	PAISAJE CULTURAL
					13	VISUALES SIGNIFICATIVAS
					14	HITOS SIGNIFICATIVOS
					15	NODOS SIGNIFICATIVOS
					16	TRAMOS SIGNIFICATIVOS
					17	ÁREAS SIGNIFICATIVAS
					18	ESPACIOS PÚBLICOS SIGNIF.
					D	ZONIFICACIÓN S/ USOS
					01	RESIDENCIAL
					02	COMERCIAL - ADMINISTRATIVO
					03	MIXTO
					04	INDUSTRIAL
					05	SITIO: HISTÓRICO - INSTITUCIONAL
					E	INFRAESTRUCTURA
					01	AGUA CORRIENTE
					02	CLOACAS
					03	ENERGÍA ELÉCTRICA
					04	GAS NATURAL
					05	TELEFONÍA
					F	VÍAS DE COMUNICACIÓN
					01	HELIPUERTO
					02	CAMINO O RUTA
					03	AVENIDA O CALLE
					G	TRANSITO
					01	DE CARGA
					02	DE PASAJEROS
					03	VEHÍCULOS PARTICULAR
					04	PEATONAL

Figura 1 Ficha de pre-inventario 1 para datos generales de ubicación, comunicaciones, documentación gráfica, evolución histórica y las características urbanas del sitio donde se encuentra implantado el edificio.

* Investigador FAU -UNLP

significado cultural." Del cual se desprende la importancia testimonial del patrimonio construido en la identidad cultural de una comunidad.

Se ha detectado en diversos trabajos ^{(2) (3) (4) (5) (6)}, que muchos de los edificios pertenecientes a diversos usos (vivienda, educación, salud) incorporan elementos y conceptos de control ambiental pasivo⁽⁷⁾. En algunos se reconocieron valores (históricos, tipológicos, culturales, sociales, estéticos, etc.) que merecerían considerarse.

Esto nos llevó a visualizar la posibilidad de proponer un método de *pre-inventario extenso* y valoración patrimonial, que por un lado amplíe la información relevada y por otro incorpore las variables de comportamiento ambiental.

El objetivo del trabajo tiende a la conformación de un método que integre la valoración patrimonial - ambiental - edilicia, que permita facilitar las estrategias de acción.

En los aspectos patrimoniales se consideraron los trabajos de (Burbano E., 1983)⁽⁸⁾, (Moreno C., 1986)⁽⁹⁾, (Guidi F., 1988-89)⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾, (Morosi J., 1995)⁽¹²⁾ y (Falabella Ma. T., 1995)⁽¹³⁾. En los aspectos de confort ambiental se utilizó la metodología del IDEHAB-Unidad de Investigación N°2. A partir de la cual se construyeron las variables e indicadores cualitativos expuestos en este trabajo.

METODOLOGÍA PROPUESTA

Dado que los procedimientos e instrumentos de relevamiento del patrimonio cultural edilicio del ICOMOS-Argentina ⁽¹⁴⁾ utilizados asiduamente en el país contemplan dos niveles principales de relevamiento patrimonial, pre-inventario e inventario, y que por sus características el primero decide la inclusión o exclusión del caso analizado en el segundo; se desarrolló una ficha que amplíe la información contando, de este modo, con más elementos para efectuar la primera valoración y decidir la inclusión o no del caso en la etapa de inventario.

El procedimiento permite además que si el bien no posee suficiente valor para justificar su inclusión en el inventario quede registrada en la etapa de pre-inventario con suficiente información. De esta forma se mantiene un registro de mayor calidad para intervenciones y otras acciones.

1. INSTRUMENTOS DE REGISTRO.

El registro comprende el nivel de pre-inventario, con elementos del nivel inventario.

Se compone de las siguientes etapas: ingreso de datos - análisis de la información y extracción de la información para la acción.

La base de datos para el análisis sistemático de la información, en cualquiera de los niveles de profundidad estará compuesta por: descripción, valoración patrimonial - ambiental, material gráfico y propuesta.

Escalas

El sistema está integrado por cinco escalas: Territorio, Área, Sitio, Edificio y Objeto.

Aunque algunas escalas no tengan específicamente un valor singular es necesario tenerlas en consideración para conservar el edificio en todo su contexto, teniendo presente cuáles son los valores históricos, sociales o significativos de ese bien. Esto facilitará decidir sobre acciones que tengan que ver con lo que verdaderamente se necesita para una justa conservación de ese patrimonio.

XI LP SM		EDIFICIO:		FECHA
I CARACT. DOMINIALES Y FISICAS		II CARACTERÍSTICAS EDILICIAS		B ESTADO DE CONSERVACION
A IDENTIFICACION		A TIPO		01 DEGRADACION
01 HIERARQUIA		01 CLAUSTRAL		02 RIESGO DE DESAPARICION
02 DENOMINACION		02 PABELLONAL		03 POTENCIAL RECUPERACION
03 JURISDICCION		03 MONOBLOQUE		04 MANTENDIC
04 COMPLEJIDAD		04 POLIBLOQUE		C INTERVENCIONES
05 CANT. DE CAMAS		05 BIBLOQUE COLIGADO		01 SISTEMA CONSTRUCTIVO
B UBICACION		06 BLOQUE BASAMENTO		02 ELEMENTOS
01 ZONA		07 SISTEMICO		03 MATERIALES
02 EMPLAZAMIENTO		B SERVICIOS		04 PLANTA
03 DATOS CATRASTRALES		01 ADMINISTRACION		05 ALZADO
04 PROYECTISTA		02 DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO		06 COLOR
05 DATA		03 SERVICIOS GENERALES		07 FUNCION
C SINTESIS HISTORICA		04 SERVICIOS ESPECIALES		08 VEGETACION
		05 CONSULTORIOS EXTERNOS		09 OTRAS
		06 CIRUGIA		D MODIFICACIONES TIPO
		07 INTERNACION		01 ARMONICA
		08 DOCENCIA		02 ADECUADA
		C DIMENSIONES		03 NEUTRA
D DOMINIO		01 SUP. TERRENO m²		04 AGRESIVA
01 NACIONAL		02 SUP. CONSTRUIDA m²		05 OTRA
02 PROVINCIAL		03 FOS		E VALOR
03 MUNICIPAL		04 POT		a HISTORICO / SOCIAL
04 OTRO		05 DENSIDAD		01 TESTIMONIO CULT. COMUNITARIO
E TENENCIA		06 TAMAÑO		02 TESTIMONIO CULTURAL GRUPO
01 PROPIO		07 COMPACTIDAD		03 HISTORICO ARQUITECTONICO
02 ALQUILADO		08 GRADO DE EXPOSICION		04 EVENTO / HECHO
03 CEDIDO		09 ALTURA DEL EDIFICIO		b ARQUITECTONICO / ESTETICO
04 OTRO		10 ALT. MEDIA LOCALES		01 TIPOLOGICO
F ACCESIBILIDAD		D ANTIGUEDAD		02 ESPACIAL
01 LIBRE		01 HASTA 10 AÑOS		03 ESTETICO
02 OCASIONAL		02 HASTA 50 AÑOS		04 CONFORT AMBIENTAL
03 PRIVATIVO		03 HASTA 70 AÑOS		05 SIMBOLICO
04 OTRO		04 MAS DE 70 AÑOS		c AMBIENTAL / URBANO
II CARACTERÍSTICAS FISICAS		F CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES		01 PAUSATISTICO
A TIPO DE SUELO		F VERANO		02 SIGNIFICATIVO
01 ROCA		01 VENTILACION		03 URBANO
02 PIEDRA		02 SOMBREO		F CARACTER
03 GRAVA		03 CONFORT TERMICO		01 MONUMENTAL
04 ARENA		04 ILUMINACION NATURAL		02 SIGNIFICATIVO
05 ARCILLA		b INVIERNO		03 AMBIENTAL
06 TIERRA		01 INFILTRACION		04 PRESCINDIBLE
B NIVEL FREATICO		02 ASOLEAMIENTO		05 AGRESIVO
01 SUPERFICIAL		03 CONFORT TERMICO		G PROPUESTA
02 SUBTERRANEA		04 ILUMINACION NATURAL		01 INCLUSION EN INVENTARIO
C DATOS CLIMATICOS		H VALORES CLIMATICOS		
01 TEMPERATURA MEDIA °C		A USOS		
02 HUMEDAD RELATIVA %		01 ORIGINAL		
03 VIENTOS Km/h		01 ACTUAL		
04 PRECIPITACIONES mm		01 OTROS		

Figura 2 Ficha de pre-inventario 2 para características dominiales, físicas, edilicias y de valoración.

En nuestro caso, por razones operativas, se agruparon en una sub-ficha las escalas de área y sitio, y en otra la edificación.

Codificación

Tipológica y numérica, que facilite la rápida búsqueda y permita la integración de la información dentro del sistema.

Estado de Conservación

Se expresará en cuatro estados según a que se refiera el ítem:

- malo, regular, bueno, muy bueno
- bajo, medio, alto, muy alto

La ficha de pre-inventario extenso

Para la etapa de pre-inventario, se confeccionaron los siguientes instrumentos sistematizados adjuntados:

1. Ficha de Área - Sitio
- 2 y 3. Ficha de Edificio

a.- Escala Área - Sitio. Variables consideradas:

- I Ubicación
- II Comunicaciones
- III Evolución histórica (síntesis histórica; origen; funciones: originales - actuales; impacto s/desarrollo.)
- IV Geográficas (topografía; clima; paisaje); y
- V Urbanas: (tejido urbano; polución; paisaje urbano; zonificación s/ usos; infraestructura; vías de comunicación; tránsito).

En estas categorías hay indicadores dicotómicos en unas y calificativos en otras.

b.- Escala edificio. Variables consideradas:

- I Características dominiales y del sitio (identificación; ubicación; síntesis histórica; dominio; tenencia; accesibilidad);
- II Características físicas (tipo de suelo; nivel freático; datos climáticos);
- III Características edilicias (tipo; servicios; dimensiones; antigüedad; tecnológicas: sistema constructivo; estructura; mampostería; revoques; revestimientos; techos-entrepisos; cubierta; pendiente; cielorrasos; pisos; ventanas, tipo, material, protección; puertas, tipo, material, protección; climatización artificial y ambientales: verano - invierno).
- IV Valoración (usos; estado de conservación; intervenciones; modificaciones: tipo; valor: histórico/social, arquitectónico/estético y ambiental/urbano; carácter y propuesta)
- V Observaciones

Para la caracterización referente a calidad ambiental del edificio se contará con el apoyo de una ficha, que permita un tratamiento estadístico simplificado de estas variables. Se podrá promediar y ponderar las condiciones ambientales de locales principales. En el caso de grandes edificios se definirá una muestra. En esta ficha se utilizarán indicadores cualitativos basados en la opinión de los usuarios, contrastada con la del encuestador.

3. VALORACIÓN

Considerando la valoración patrimonial, una especie de rúbrica entre la etapa analítica (etapa de estudio acerca de las características de los bienes y su estado de conservación) y la etapa de propuestas la primera acción tendente a la puesta en valor del patrimonio consiste en la realización de un inventario para lograr "conocimiento completo y sistemático de los componentes". Conocimiento necesario para saber qué conservar y cómo conservar.

XI LP SM		EDIFICIO:										FECHA	
		3 REVESTIMIENTOS					10 VENTANAS					12 PUERTAS	
E CARACT. TECNOLÓGICAS		01 CRÉS CERÁMICO					a TIPO					a TIPO	
1 SIST. CONSTRUCTIVOS		02 AZULEJOS					01 DE ABRIR					01 DE ABRIR	
a TIPO		03 CERÁMICOS					02 CORREDIZAS					02 CORREDIZAS	
01 PRECARIO		04 MADERA					03 GUILLOTINAS					03 PLEGADIZAS	
02 DESMONTABLE		05 CARTÓN PRENSADO					04 VENTILUZ					04 LEVADIZAS	
03 PERMANENTE		06 OTRO					05 OTRO					05 OTRO	
04 OTRO		6 TECHOS - ENTREPISOS					b MATERIAL					b MATERIAL	
b MODO		01 BOVEDILLA					01 MADERA					01 MADERA	
01 ARTESANAL		02 H° ARMADO					02 CHAPA DOBLADA					02 CHAPA DOBLADA	
02 INDUSTRIALIZADO		03 MADERA					03 PERFILERÍA HIERRO					03 PERFILERÍA HIERRO	
03 COMBINADO		04 HIERRO					04 ALUMINIO					04 ALUMINIO	
04 OTRO		05 OTRO					05 OTRO					05 OTRO	
2 ESTRUCTURAS		7 CUBIERTA					c PROTECCIÓN					c PROTECCIÓN	
01 AUTOPORTANTE		01 CHAPA H° G°					01 PERSIANAS					01 PERSIANAS	
02 H° ARMADO		02 FIBROCEMENTO					02 POSTIGONES					02 POSTIGONES	
03 METÁLICA		03 TEJAS					03 CORT. ENROLLAR					03 CORT. ENROLLAR	
04 MADERA		04 H° ARMADO					04 PARASOL					04 OTRO	
05 OTRO		05 OTRO					05 OTRO					13 CLIMAT. ARTIFICIAL	
3 MAMPOSTERÍA		8 PENDIENTES					11 PISOS					01 RADIADORES	
01 LADRILLO COMÚN		01 PLANA					01 CALÇAREOS					02 LOSA RADIANTE	
02 LADRILLO HUECO		02 INCLINADO SIMPLE					02 GRANÍTICOS					03 ESTUFAS GAS C/TIRO	
03 ADOBE		03 INCL. COMPUESTO					03 PIEDRA NATURAL					04 ESTUFAS GAS S/TIRO	
04 BLOQUES		04 CURVA					04 CERÁMICOS					05 ESTUFAS ELÉCTRICAS	
05 OTRO		05 OTRO					05 MADERA					06 AIRE ACOND. F/C CENT	
4 REVOQUES		9 CIELORRASOS					06 OTRO					07 AIRE ACOND. F/C IND.	
01 SEML PIEDRA		01 YESO										08 VENTILADORES	
02 DE FRENTE		02 CAL FINA										09 OTRO	
03 CAL FINA		03 METÁLICO											
04 YESO		04 MADERA											
05 OTRO		05 OTRO											

Figura 3 Ficha de pre-inventario 3 para características tecnológicas del edificio

Respecto del criterio de valoración y los conceptos de pre-inventario e inventario ya se discutieron en la reunión anterior.

3.1. Valoración ambiental

Entendiendo la valoración ambiental como la catalogación y calificación de variables ambientales, globales y específicas, que afectan al edificio. Se discutió que el manejo de estas variables no es simple y respecto del trabajo anterior se vio la necesidad de manejar en una primer etapa un procedimiento tipo encuesta, previo a una auditoría.

CONCLUSIÓN

Las conclusiones son parciales, ya que se expone un segundo estado de avance del trabajo.

El pre-inventario extenso permite una mejor aproximación al bien cultural para que luego su valoración sea con mayor precisión. Entendiendo que ...“En una valoración bien realizada esta el germen de la propuesta, dado que desde ella se indican y señalan aspectos destacables que abren camino a propuestas que se dirigirán hacia uno u otro lado, según lo que se haya reconocido como más valiosos y significativos”. (Gnemmi, 1997). Y aún en los casos que no llegue a la etapa de inventario queda una herramienta con suficiente información que oriente la intervención.

Consideramos también necesario que la escala edilicia vaya acompañada de la escala área/sitio para situar la obra en su entorno; ya que todo tipo de intervención debe estar referida al todo como unidad, tanto sea en la obra en sí misma, como en su contexto. Cabe destacar la importancia del registrar, evaluar y difundir ese patrimonio para la concientización de la población, para definir políticas, legislar o intervenir concretamente sobre el bien cultural. Como bien señala el Documento de Nara⁽¹⁵⁾: “resulta de la mayor importancia y urgencia que, en cada cultura, se identifiquen las características específicas de los valores de su patrimonio, así como la credibilidad y la finalidad de los testimonios del mismo”.

Visualizamos la posibilidad de tratar con encuestas de opinión las dimensiones referidas a confort ambiental que pueden estar o no acompañadas de una medición puntual e instantánea. De encontrarse inconsistencias en el análisis de resultados se vería la posibilidad de plantear una auditoría, que por su costo debe ser bien justificada. Esto que para una vivienda puede realizarse con poco instrumental, en el caso de edificios complejos (administración, salud, educación, comercio, etc) demanda de fuertes inversiones en instrumental de medición y de auditores altamente especializados.

Se está trabajando en muestras piloto de auditorías globales, se participa en el subcomité de normas nacionales sobre calidad del medio ambiente, se ha discutido en varios eventos que aglutinan a históricos y conservacionistas. Reconocemos que el tema es nuevo, que existen grandes dificultades de integración de metodologías y marcos teóricos, pero vislumbramos esta integración como una posible nueva especialidad.

REFERENCIAS

1. **Carta de Venecia.** Carta Internacional para la Conservación y la Restauración de los Monumentos y los Sitios. ICOMOS, 1964
2. **De Paula, Alberto.** “Las Misiones Guaraníticas”. En Documentos para una historia de la arquitectura argentina. Ediciones Summa. Buenos Aires, 1978. Pág. 97-98.
3. **Gutiérrez, Ramón.** “Las misiones jesuíticas”. En Arquitectura colonial argentina. Colecciones Summa. Buenos Aires, 1987. Pág. 18-21.
4. **Rosenfeld E. y Czajkowski J.** “Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático”. FAU - UNLP. La Plata, 1992.
5. **Czajkowski, Jorge D.; Domínguez, María C. y Rosenfeld, Elías.** “Reflexiones sobre elementos de diseño bioclimático subyacentes en la historia de la arquitectura urbana y rural de la Argentina”. Trabajo expuesto en Encuentro “Historia de la Ciudad, la Arquitectura y el Arte Americanos”. Buenos Aires, 1996
6. **Domínguez, Ma. C.; Czajkowski, Jorge y Rosenfeld, Elías.** “Valoración bioclimática y patrimonial en un edificio para la salud”. En Actas ASADES 19, Mar del Plata, 1996, pág. 02.21-24 y en Revista Estudios del Hábitat N° 5. La Plata, 1997. Pág. 149-151.
7. **Rosenfeld Elías.** “El uso de la energía solar en el hábitat. Hipótesis sobre los factores históricos de estímulo”. Actas ASADES 1993. La Plata, 1993. Pp 87-98
8. **Burbano E.** “Pautas para la investigación en la arquitectura y en el urbanismo. (Segunda parte)”. Cuadernos de Arquitectura Escala. Buenos Aires, 1983.
9. **Carlos Moreno et al.** “Relevamiento e Inventario del Patrimonio Cultural - Rural de Cañuelas”. Boletín N° 5 ICOMOS Argentina, 1986.
10. **Guidi F.** “Evolución de los criterios de intervención en el patrimonio”. Sumarios N° 123. Buenos Aires, 1988.
11. **Guidi F. y Sassi M. T.** “Banco de la Provincia de Córdoba: proyecto de puesta en valor”. Summa 266/267. Buenos Aires, 1989
12. **Morosi J. et al.** “Parque Provincial Pereyra Iraola. Una introducción a la conservación y refuncionalización de su patrimonio”. LINTA - CIC, La Plata, 1995
13. **Falabella Ma. T. et al.** “Plan de mantenimiento del complejo universitario Gral. Belgrano: una propuesta metodológica”. LINTA, UN MdP, UBA. Jornadas de actualización. Buenos Aires, 1995

MUESTREO PILOTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

Máximo Menna, Susana Jacob, Oscar Noguera
Grupo de Estudio de Energías Alternativas y Ambiente
Facultad de Ingeniería - UNMDP
Juan B. Justo 4302
(7600) Mar del Plata
TE: (23) 81-6600 - FAX: (23) 81-0046
Email: mamenna@fi.mdp.edu.ar

Gloria Plaza, Horacio DiVelz, Juan Carlos Cid, Osvaldo Pacheco
Laboratorio de Estudios Ambientales - CIUNSA
INENCO - Facultad de Ingeniería - UNSa
Buenos Aires 177
(4400) Salta
TE:(087) 25-5424 - FAX: (087) 25-5489
E-mail: gloria@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo surge de una propuesta del GEEAA-FI-UNMDP al Consejo Deliberante del Municipio de General Pueyrredón (MGP) de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. El proyecto se transformó en Ordenanza Municipal y previo convenio entre MGP y FI-UNMDP, hoy se está ejecutando como el Muestreo de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Ciudad de Mar del Plata. Existe una experiencia similar en la evaluación de residuos desarrollada para la comunidad de Salta (1), no obstante Mar del Plata presenta características propias distintivas.

El muestreo anual, se diseñó a partir de datos censales de población y vivienda (2). Se trata de una muestra estratificada con recambios, según variables socio-económico-culturales (2). El residuo se separa en origen en 6 grupos papel-cartón, vidrio, orgánico, plástico, metal y otros. Diariamente se obtienen los pesos de residuos generados por vivienda y fracciones componentes.

Se presenta los datos de la Primera Campaña de los cuales surgen los porcentajes de cada tipo de residuo y los resultados de los cálculos estadísticos para la fracción orgánica y para el total de los residuos.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la disposición final de los residuos que se generan en una localidad, impone una gestión integral de los mismos y es un desafío para las autoridades municipales. Subsiste de forma generalizada la recolección y disposición no-diferenciada a cielo abierto, agudizándose para una comunidad con 520.000 habitantes con un crecimiento de 385% en 11 años, tal es el caso de Mar del Plata (2).

El residuo domiciliario responde a características propias del generador y su entorno, en general están dadas por el nivel socio-económico-cultural de los habitantes, día de la semana, estación del año, zona turística y clima.

Siendo el residuo sólido domiciliario característico de cada población no es correcto diseñar soluciones con los datos de cualquier otra localidad. En especial para el caso de la ciudad de Mar del Plata, que durante 60 días de la temporada de verano se duplica su población. Además existen picos de aumento de población que superan ampliamente esta proporción en los cambios de quincena y en los fines de semana.

Conocer en que proporción se generan algunos tipos de residuos sólidos domiciliarios es importante para detectar cantidades mínimas que puedan inducir el adecuado tratamiento, reciclado y disposición final. Afectando directamente al diseño del sistema de recolección de los mismos y al diseño del relleno sanitario que los recibirá y contendrá.

Una reducción del inevitable volumen a disponer alarga la vida útil del relleno sanitario, y una reducción del volumen generado acorta además el tiempo de recolección, permitiendo con el ahorro, aumentar el área de recolección, o mejorar el servicio de higiene urbana, o bajar costos.

Un Programa de Muestreo complementa la solución, prediciendo la viabilidad del aprovechamiento de residuos para generación de energía y bioabono, por métodos de biodegradación como digestión anaeróbica (biogas) y aeróbica (compost).

El objetivo del muestreo es determinar la producción promedio diaria y semanal de residuo sólido por vivienda ocupada y determinar su composición, considerando las fracciones: papel-cartón, vidrio, orgánico, plástico, metal y otros.

MATERIAL Y MÉTODO

El muestreo anual se ha programado en 4 Campañas de 3 meses cada una. Así cada Campaña comprende 12 semanas, durante las cuales se muestrean un total de 1386 viviendas. Considerando que el 76% de las 212.027 viviendas de Mar del Plata se encuentran ocupadas (2), se determinó un mínimo de 1053 viviendas con datos útiles para la muestra. Las viviendas se eligieron por sorteo al azar de números correspondientes a fracción, radio, manzana y número de vivienda, y se las ubicó en un plano de la ciudad para su posterior identificación.

El Programa de Muestreo se desarrolló según las siguientes etapas:

- 1 - Identificación de las viviendas que componen la muestra
- 2 - Visita explicativa e invitación a colaborar en el muestreo a las familias que habitan en los domicilios identificados como vivienda que compone la muestra. Entrega del material necesario para realizar la separación de los residuos.
- 3 - Incorporación de las viviendas al muestreo y diseño del recorrido para su recolección. Preparación de la hoja de ruta semanal.
- 4 - Recolección diferenciada de los residuos de las viviendas que componen la muestra.
- 5 - Pesada y registro de cada uno de los 6 tipos de residuos que han sido separados por los habitantes de las viviendas que componen la muestra.
- 6 - Elaboración de datos de la Primera Campaña.

La recolección puerta a puerta se realizó con dos camiones y sus correspondientes choferes provistos por el municipio.

Cada semana se muestrearon 88 viviendas, suma de los correspondientes porcentajes de cada uno de los 9 clusters en que se dividió a la ciudad (3).

Las familias de las viviendas separaron su residuo diario durante 7 días consecutivos, en 6 grupos: papel-cartón, vidrio, orgánico, plástico, metal y otros, para lo cual fueron suministradas diariamente las bolsas de distintos colores para cada grupo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Al completar la Primera Campaña, desarrollada desde el 13 de Enero al 15 de Abril de 1997, se procesaron casi 13,897 toneladas de residuo generados por 26.606 habitantes correspondientes a 1062 familias.

Las proporciones en que está compuesto el residuo sólido domiciliario de la ciudad de Mar del Plata, corresponde a los siguientes porcentajes: papel-cartón: 10,28% , vidrio: 10,73% , orgánico: 56,35% , plástico: 8,30% , metal: 3,83% y otros: 10,50%

El valor en Kgrs. del estimador de la media estratificada $y(st)$, por vivienda y por semana como así también por día, del total de los residuos sólidos domiciliarios es:

$$y(st) = 13,081 \text{ Kgrs}/(\text{viv.semana})$$

$$y(st) = 1,869 \text{ Kgrs}/(\text{viv.día})$$

El intervalo de confianza para el estimador de la media estratificada $y(st)$ expresado en gramos, teniendo en cuenta la varianza estimada, por vivienda y por día resulta muy preciso con una probabilidad del 95

$$y(st) = 1.869 \pm 55 \text{ grs}/(\text{vivienda.día})$$

La precisión del intervalo de confianza es $\pm 2,9\%$, y el coeficiente de variación es apenas el 1,5% .

Las tablas 1 y 2, presentan información sobre totales de gramos procesados y porcentajes de los distintos tipos de residuo, para cada uno de los 9 clusters en que se estratificó el muestreo (3).

El valor de la media estratificada $y(st)$ y su intervalo de confianza, por habitante y por día del total de los residuos sólidos domiciliarios es:

$$y(st) = 467 \pm 14 \text{ grs}/(\text{habitante.día})$$

Los mismos cálculos se realizan para el tipo de residuo más significativo: la fracción orgánica (56,35%) obteniéndose:

El valor del estimador de la media estratificada de la fracción orgánica $x(st)$ de los residuos sólidos domiciliarios, y su intervalo de confianza, teniendo en cuenta la varianza estimada con una probabilidad del 95% es:

$$x(st) = 7,379 \pm 0,271 \text{ Kgrs/(vivi. semana)}$$

$$x(st) = 263 \pm 10 \text{ grs/(habitante.día)}$$

Cluster	Viv. grs	Hab grs	Papel grs	Vidrio grs	Orgánico grs	Plástico grs	Metal grs	Otros grs	TOTAL grs
1	172	3756	220257	243335	1164271	163291	71814	153467	2016435
2	134	3045	183633	197364	955266	127199	53539	121786	1638787
3	190	4614	258330	276488	1427830	187581	83267	283546	2517042
4	164	4334	255308	244253	1322386	199779	100789	272719	2395233
5	63	1507	76580	94960	415001	67157	47816	84695	786210
6	61	1568	83847	76287	443663	70197	30498	120835	825326
7	81	2294	105208	88982	626802	109764	51650	145375	1127782
8	99	2591	115270	142802	658121	112911	47437	131108	1207650
9	98	2898	130623	127203	817518	116043	45839	145689	1382915
TOTAL	1062	26606	1429058	1491674	7830858	1153920	532648	1459221	13897379
%			10,28	10,73	56,35	8,30	3,83	10,50	100,00

TABLA 1: GRAMOS TOTALES PROCESADOS DE CADA CLUSTER

Cluster	Viv. %	Hab. %	Papel %	Vidrio %	Orgánico %	Plástico %	Metal %	Otros %	TOTAL %
1	16,20	14,12	10,92	12,07	57,74	8,10	3,56	7,61	100,00
2	12,65	11,44	11,21	12,04	58,29	7,76	3,27	7,43	100,00
3	17,86	17,34	10,26	10,98	56,73	7,45	3,31	11,27	100,00
4	15,43	16,29	10,66	10,20	55,21	8,34	4,21	11,39	100,00
5	5,96	5,66	9,74	12,08	52,79	8,54	6,08	10,77	100,00
6	5,76	5,89	10,16	9,24	53,76	8,51	3,70	14,64	100,00
7	7,61	8,62	9,33	7,89	55,58	9,73	4,58	12,89	100,00
8	9,31	9,74	9,55	11,82	54,50	9,35	3,93	10,86	100,00
9	9,26	10,89	9,45	9,20	59,12	8,39	3,31	10,53	100,00
TOTAL	100,00	100,00	10,28	10,73	56,35	8,30	3,83	10,50	100,00

TABLA 2: PORCENTAJES DE CADA TIPO DE RESIDUO PARA CADA CLUSTER

Gramos por Habitante y por Día

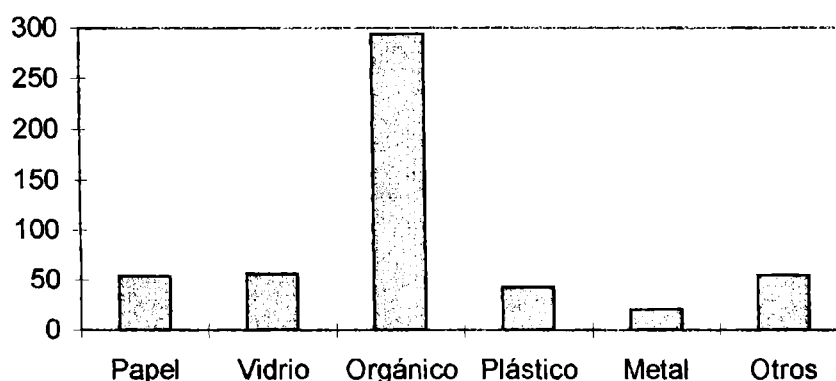


FIGURA 1: Generación de las fracciones en Grs.hab⁻¹.día⁻¹ en la Primera Campaña Verano.

CONCLUSIONES

Para la Campaña de Verano la producción total de residuos fue de 467 ± 14 grs./habitante.día, comparable con la generación de la ciudad de Salta para la campaña de invierno (1).

La precisión del intervalo de confianza de $\pm 2,9\%$, y el coeficiente de variación de $1,5\%$, son bajo significando que el control operativo y de campo fue bueno.

La Campaña con sus visitas explicativas, permite concientizar sobre la importancia de una recolección diferenciada y de la minimización de la generación de residuos.

Los datos de la Primera Campaña del Muestreo muestran el estado actual, a partir del cual con los datos de las siguientes Campañas se analizarán las variaciones estacionales.

El método de evaluación desarrollado permitirá analizar la eficiencia de una futura gestión de residuos.

REFERENCIAS:

1. G. Plaza, O. Pacheco, P. Robredo, A. Saravia Toledo. Muestreo de Residuos Municipales Clasificados. 17 Reunión ASADES. Rosario, Sta. Fe. 1994.
2. INDEC - Censo de Población y Vivienda 1991.
3. J.C. Cid y H. Di Veltz. Clasificación de Áreas (Clustering) y Diseño de Muestreo. GEEAA-MGP. 1996.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ente Municipal de Servicios Urbanos de la Municipalidad de General Pueyrredón. por la financiación del presente trabajo. Así mismo agradecemos el auspicio a los miembros del Honorable Concejo Deliberante de la Municipalidad de General Pueyrredón, y al Arq. José Fiscoletti por su significativo apoyo.

Reconocemos en forma especial al equipo que colaboró en la recolección y pesada de los residuos

MONITOREO AMBIENTAL EN PARQUE NACIONAL CALILEGUA

Gloria Plaza, Daniel Cabrera
INENCO- CIUNSa- Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177. 4400. Salta Argentina
Email: gloria@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

En Parque Nacional Calilegua, Jujuy, se encuentra un área de explotación petrolera de alrededor de 1000 ha, la cual impacta el ambiente preservado con sus vertidos. Se desarrolla un monitoreo de los efluentes, evaluando los componentes identificatorios de la contaminación.

Se evaluaron los parámetros físicos- químicos y biológicos, tales como caudal, pH, temperatura, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, contenido de cloruro, petróleo total y fenol, como así también otros parámetros relativos al impacto y vinculados a los anteriores. Se analizaron las reglamentaciones vigentes al nivel nacional y provincial.

El monitoreo desarrollado para dos épocas del año (de lluvias y seca), demuestra la necesidad de minimizar el efecto mediante alternativas de tratamiento o de gestión interna de sus efluentes.

INTRODUCCION

En Caimancito, Jujuy, dentro del Parque Nacional Calilegua, YPF inició en 1.959 una intensa actividad de explotación petrolera. Antes de la creación del Parque, mediante un estudio del área afectada, que abarcaba aproximadamente 5.000 ha, se constató un alto grado de alteración y contaminación. Sin embargo, allí también se registró la mayor diversidad y abundancia de especies de flora y fauna. Por este último motivo y por el ritmo decreciente de producción del yacimiento se decidió, al crear el Parque Nacional, incluir el sector Caimancito dentro del Área Protegida. En efecto el área de explotación ocupa actualmente alrededor de 1000 ha, registrándose en los sectores desafectados de la explotación petrolera una notable y espontánea regeneración de la vegetación nativa. La concesión de explotación actual se adjudicó en agosto de 1.992, por 25 años, a la empresa UTE Petróleos Sudamericanos- Necón. Ese mismo año una Resolución de la Secretaría de Energía comenzó a exigir a las empresas petroleras la reparación de los impactos ambientales causados por la actividad. La aplicación de esta norma en el sector Caimancito incluye: sanciamiento de piletas, eliminación de lodos y chatarra, la relocalización de las aguas de producción y de control de pozos fuera de servicio. (P.N. Calilegua, información general).

La Empresa procesa en el lugar como consecuencia de la explotación, un crudo con alto contenido de salinidad y agua, que debe ser llevado a un estado de comercialización adecuado (no mayor de 1ppm de agua y 100 mg/l de cloruro), evitando así corrosiones en el circuito de transporte y de almacenamiento. Para ello, se debe lavar con agua dulce, la cual es suministrada desde un arroyo cercano. En este proceso se separa el agua de formación del crudo en una unidad. El petróleo sale de la parte intermedia e ingresa a una segunda unidad, por la parte inferior, atravesando un volumen de agua dulce que absorbe la sal del crudo. El volumen de agua de esta última es de aproximadamente 70 m³/día, al que debe sumarse el volumen de agua de formación que se separa en la primera parte del proceso, unos 130 m³/día. El total del efluente es de 200 m³/día. Este es almacenado en un tanque y a posteriori tratado en una Pileta API que recupera parte del petróleo que pudiera contener.

El petróleo puede ser peligroso ambientalmente, especialmente considerando la vida silvestre animal y vegetal, asimismo los hidrocarburos aromáticos policíclicos individualmente significan un riesgo para el medio ambiente. Investigaciones en relación a los vertidos y consecuencias de efluentes de petróleo creció automáticamente alrededor de 1.970 (Hoffman, 1.995).

MATERIAL Y METODO

Se diseñó un diagnóstico para evaluar la contaminación en la zona y el posible riesgo de la fauna y flora silvestre que habita el sector este del Parque Nacional Calilegua. Considerando la variación de precipitaciones en el sector se estudian dos épocas del año, un período de alta precipitaciones (febrero) y un período de baja precipitaciones (mayo).

En base a una primera evaluación en el período de altas precipitaciones se desarrolló un diseño para el monitoreo en épocas de baja precipitaciones, considerando que los niveles de caudales son aproximadamente la tercera parte.

La zona de evaluación se muestra en Figura 1, identificándose los puntos de muestreo como:

- Punto 1: Salida de Pileta API
- Punto 2: Arroyo distante aproximadamente 300 m del vertido
- Punto 3: Arroyo mayor distante aproximadamente 1.500 m del vertido
- Punto 4: Futura edificación casilla de P.N. Calilegua, a aproximadamente 6.500 m del vertido
- Punto 5: Río Sauzalito, puente a aproximadamente 8000 m del vertido
- Punto 6: Toma de agua.

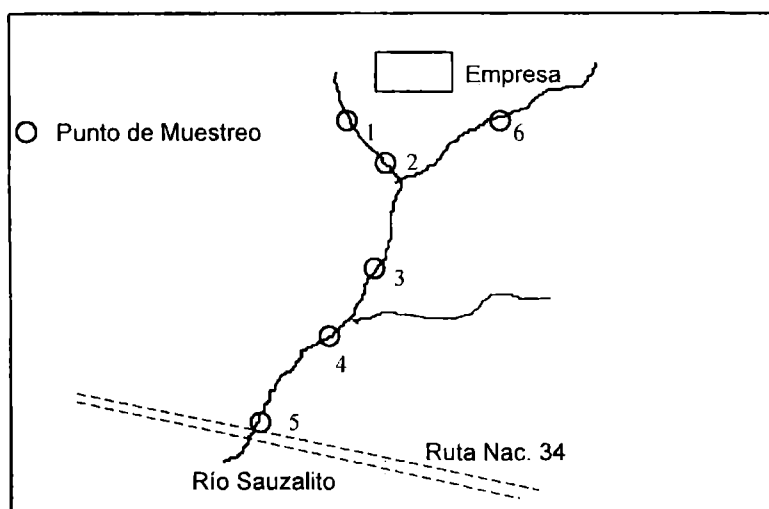


Figura 1: Esquema de la disposición de los puntos de muestreo

En época de altas precipitaciones, el caudal en el punto 2 sin el aporte del efluente de planta arrojó un valor de 18,108 m³/h. Como consecuencia del aporte del efluente, el caudal registra un valor de 57,672 m³/h. El caudal en el punto 3 es de 626 m³/h, resaltando el poder de dilución frente a los valores anteriores.

Para la época de bajas precipitaciones, el caudal tomado sobre el punto 2 registra un valor de 8,893 m³/h. Como consecuencia del aporte del efluente, el caudal aumenta en forma variable con el tiempo según se puede ver en la Figura 2.

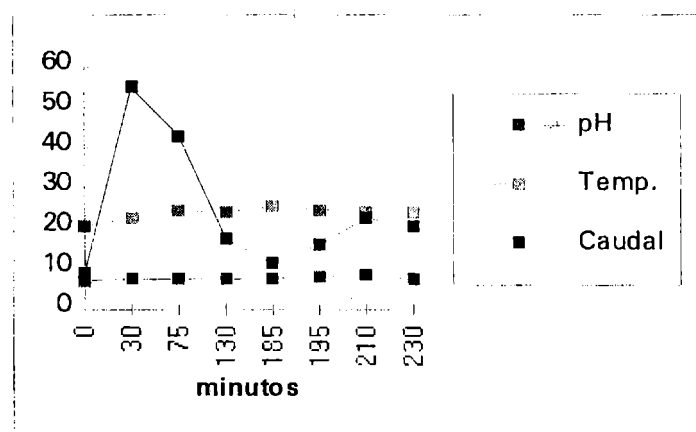


Figura 2: Variación de caudal (punto 2 - época de bajas precipitaciones)

Como se observa en el gráfico, en el trayecto 1-2, se evidencia un pequeño aumento de temperatura. El caudal llega a un valor máximo de 54,993 m³/h, observándose otro pico de caudal, como consecuencia de un segundo vertido. Asimismo el punto 3 posee un valor de caudal puntual de 148 m³/h, con las variaciones de caudal propias del vertido.

Los puntos 2 y 3 para las épocas de baja precipitaciones, fueron diseñadas como muestras compuestas, es decir la muestra tomada para las caracterizaciones, corresponden a la suma de alícuotas proporcionales al caudal puntual.

En Figura 3, se observa la variación del contenido de materia orgánica (demanda química de oxígeno) y el contenido de cloruro en los puntos de muestreo, para ambas épocas. De la Pileta API el efluente sale con valores de 13.100 y 3.700 mg/l (época de precipitaciones y seca respectivamente), mitigándose dicho valor en los subsiguientes puntos. Se evalúan asimismo los valores de demanda bioquímica de oxígeno dando valores bajos por la toxicidad de los componentes fenólicos que inhiben el desarrollo de las bacterias durante su determinación, dichos valores corresponden a 2.000 y 120 mg/l disminuyendo en el punto 2 a un valor de 30 y 10 mg/l respectivamente para las épocas de lluvias y seca. Los valores de concentración de cloruros son elevados saliendo de la pileta con valores de 2.921,5 y 23.634 mg/l para ambas épocas. Estos valores, a pesar de su disminución por distintos efectos a lo largo del curso hídrico, son elevados considerando la reglamentación vigente.

En la Figura 4, se observan los contenidos de petróleo para ambas épocas muestreadas. Los tenores observados demuestran el valor de eficiencia de separación en la Pileta. Para ambos casos no se observa contenido alguno desde el punto 3.

En la Figura 5, se analiza la variación del contenido de fenol a partir de los contenidos de vuelco, 0,230 y 0,348 mg/l (época de lluvia y seca respectivamente). Estos componentes tienen variada toxicidad según su composición.

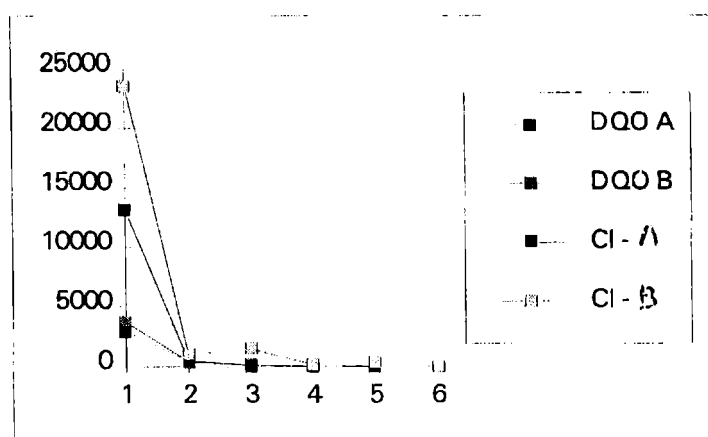


Figura 3: Demanda química de oxígeno y contenido de cloruros en los distintos puntos de muestreo (mg/l)
A: Época de altas precipitaciones
B: Época de bajas precipitaciones

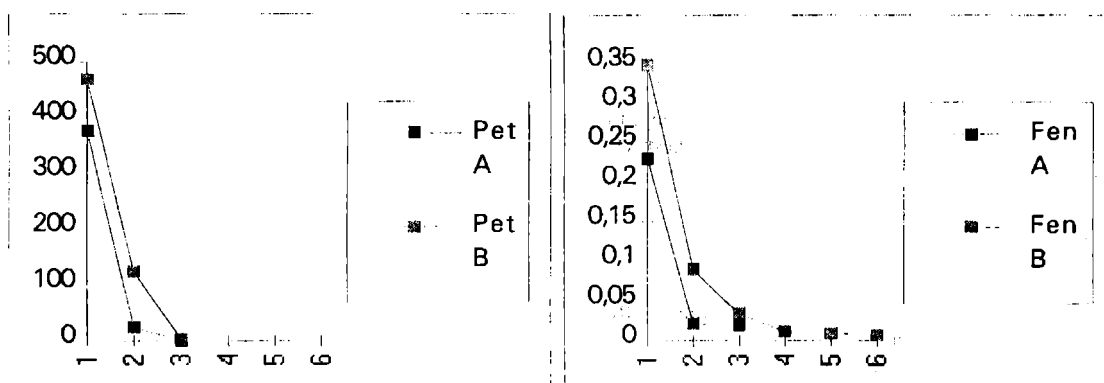


Figura 4: Contenido de petróleo (mg/l) Figura 5: Contenido de fenol (mg/l)
A: Época de altas precipitaciones
B: Época de bajas precipitaciones

Punto	Turbiedad	Conductividad	Cenizas
1	59,20	18,46	40,95
2	11,60	5,70	86,47
3	3,72	1,30	-
5	124,00	0,60	-

Tabla 1: Turbiedad (NTU), conductividad (mS/cm), cenizas (% sólidos totales)
Epoca de lluvias

Punto	Turbiedad	Conductividad	Cenizas
1	64,2	135,2	78,04
2 Compuesta	16,4	78,54	97,95
3 Compuesta	11,4	13,25	96,50
4	2,8	2,29	97,79
5	2,9	2,64	84,12
6 Toma de agua	2,3	1,33	82,61

Tabla 2: Turbiedad (NTU), conductividad (ms/cm), cenizas(% sólidos totales). Epoca de bajas precipitaciones

Otras determinaciones físico-químicas son consistentes con los parámetros graficados en Figuras 3, 4 y 5, como lo demuestra los valores que se expresan en Tabla 1 y 2. Las determinaciones experimentales de laboratorio y de campo se desarrollaron según Standard Methods (3)

Los valores de conductividad para bajas precipitaciones son elevados debido primordialmente al contenido salino.

CONCLUSIONES

Cabe mencionar que la Ley de Residuos Peligrosos, Ley 24.051, en su art. 2 define como residuo peligroso "todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general", en particular es considerado peligroso según su Anexo I : "fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles".

La reglamentación internacional (San Pablo- Brasil) es clara en los contenidos máximo de fenol en cuerpos de agua (0,5 mg/l) y una DBO de 60 mg/l. A nivel Nacional Obras Sanitarias acepta un máximo tenor de DBO de 50 mg/l.

Como se observa en tablas, tanto los valores de fenol, cloruros, petróleo, DBO y DQO en el punto 2 disminuyen notablemente debido a la eficiencia natural de remoción del curso de agua a pesar de su bajo caudal. En épocas de secas la concentración del contaminante aumenta notablemente.

El daño producido en la flora y fauna es difícil de evaluar , teniendo en cuenta que los animales recorren en el día grandes distancias, sin embargo la visualización de huellas demuestran el riesgo permanente de distintos animales típicos de la región en la zona contaminada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Delegación Técnica Regional Noroeste. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Administración de Parques Nacionales. Información General. Parque Nacional Calilegua. 1996
2. Hoffman D. , Rattner B. et al. Handbook of Ecotoxicology. Lewis Publishers, 1995 by CRC Press, Inc.
3. American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th edition. Washington. 1985.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Directora de Parques Nacionales Regional Noroeste, Dra. Patricia Marconi, por su gestión para desarrollar el presente trabajo financiado por la Empresa UTE Petróleos Sudamericanos. Asimismo se agradece al Geólogo Néstor Aguilera por su valiosa colaboración.

EVALUACIÓN DE RESIDUOS EN PARQUE NACIONAL EL REY, SALTA

G.Plaza*, O. Pacheco*, M.Lazaric**

*Fac.Ingeniería -Laboratorio Estudios Ambientales (LEA)-CIUNSa,
Universidad Nacional de Salta - Buenos Aires 177 - Salta (4400)- Argentina.
Fax: 54-87-255489. E-mail: Gloria@ciunsa.edu.ar

**Parque Nacional El Rey

RESUMEN

El Parque Nacional El Rey, en la Provincia de Salta, alberga especies animales y vegetales del Gran Chaco Boreal en grave peligro de extinción. Su preservación reviste gran importancia para el patrimonio ecológico de una extensa región sudamericana, el cual, frente al marcado avance de la tecnología y desarrollo de áreas de cultivo, se torna cada vez más difícil.

Para abordar una gestión tendiente a la mejor forma de preservación que incluya el desarrollo sustentable del Parque Nacional El Rey, se evalúan los residuos en sus distintos componentes. A través de la Gestión de Residuos, se pueden estimar relaciones y patrones para el mantenimiento de la calidad del suelo y la conservación de la naturaleza y los paisajes, y minimizar el impacto debido a la producción y acumulación de residuos dentro del Parque El Rey.

Para ello, se diseñó un muestreo para evaluar la cantidad y calidad de los residuos, se identificaron los tipos de residuos producidos dentro del Parque en las viviendas ocupadas y puesto de mantenimiento, se plantearon distintas alternativas para su minimización, tratamiento y/o disposición final, y se optó por la alternativa más conveniente. Los residuos orgánicos se tratan aeróbicamente para obtener compost, evitando la incineración o el enterramiento con las demás fracciones.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional El Rey, de inmensurable belleza, situado al sureste de la ciudad de Salta, en el Departamento de Anta, fue creado el 24/06/1948 y abarca una superficie de 44.162 ha, en la cual se protege una muestra de las selvas de Yungas y de ambientes de transición entre éstas y el Chaco Serrano. A estas selvas de montañas también se las conoce como Nuboselvas debido al manto permanente de nubes que cubre las laderas durante gran parte del año. El Parque está limitado por cordones montañosos que conforman un inmenso anfiteatro de singular belleza. Desde los cerros bajan las aguas de numerosos arroyos que confluyen en el único río, el Popayán. Presenta además la variedad de fauna y flora que ofrece la diferencia altimétrica que posee, ya que se encuentra entre los 750 m y los 2000 m snm. En la fauna se cuentan mamíferos mayores como grandes felinos, tapires, pecaríes, monos y corzuelas, y en las aves se encuentran animales con vistoso plumaje y de particulares comportamiento y nidificación. El clima es tipo subtropical serrano, con temperaturas medias en invierno de 12° y en verano de 27°. Debido a la variación altitudinal, las precipitaciones varían desde los 600 en las zonas bajas a 2000 mm anuales en las zonas altas. Las nevadas son habituales en las serranías altas en meses invernales (1).

Entre los medios interpretativos podemos citar un sendero vehicular (Río Popayán) y un observatorio de aves; un sendero vehicular y otro combinado (vehicular-pedestre-ecuestre) al Pozo Verde. El Parque Nacional cuenta con una Hostería, actualmente sin atención al público, con capacidad total para 50 camas y zonas de camping con servicios sanitarios, mesadas y fogones (Gráfico 1).

La producción y composición de los residuos de una comunidad depende de muchas variables: clima, estación del año, hábitos y costumbres, economía de la región, etc. Existe diversa información relacionada a los residuos domiciliarios de comunidades urbanas y rurales con viviendas de características propias (2, 3), pero nada respecto a comunidades como la de un Parque Nacional. No obstante algunas reservas tomaron los recaudos necesarios para realizar una gestión de residuos que asegure la preservación de sus recursos, tal es el caso de Parque Nacional Nahuel Huapi, que contempla algunos aspectos de minimización del impacto producido por los residuos.

En el presente trabajo se plantea como objetivo determinar la cantidad y composición diaria de los residuos que se producen en el Parque Nacional El Rey, para evaluar sus componentes principales y generar un plan de gestión de residuos, que persigue en primera instancia, evitar la quema de residuos, disponiendo la clasificación en origen de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la evaluación de los residuos producidos en el Parque, se diseña un muestreo basado en una visita previa en campo, donde se efectúa una primera tarea de concientización acerca de la importancia de una buena gestión de residuos en una reserva natural. En esta visita se planifica la metodología y los materiales necesarios para la determinación de la cantidad total de residuos producidos y su composición.

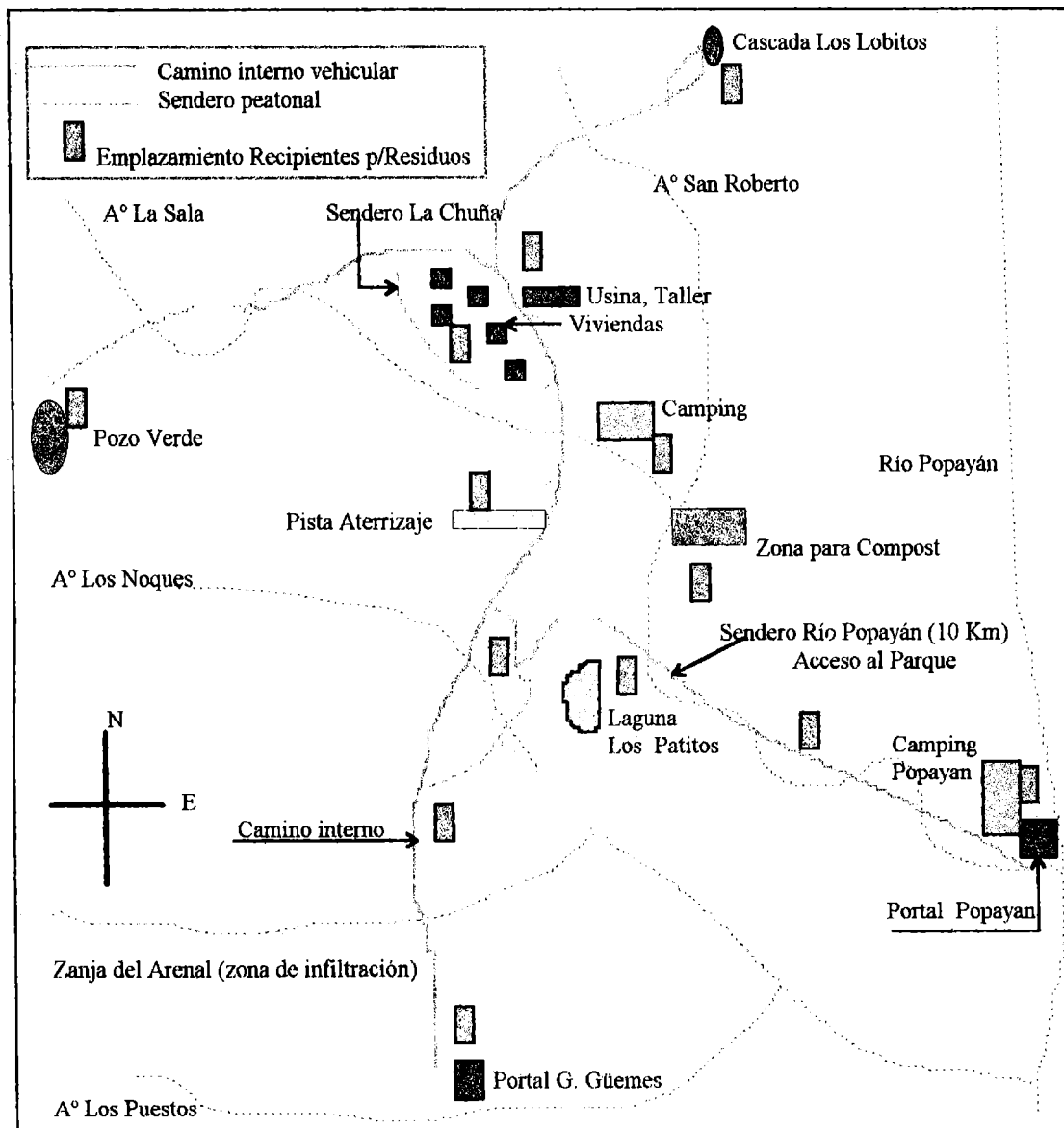
La población de Parque Nacional El Rey está compuesta por personal permanente (Guardaparques, Voluntarios y Auxiliares que prestan servicio en el Parque), y personal eventual o transitorio (Investigadores, turistas y contingentes estudiantiles). Diecisiete (17) viviendas que albergan al personal permanente y transitorio del Parque, además de la Intendencia y el sector de Usina, depósito y taller de mantenimiento de vehículos, y los sectores de camping, son generadores de residuos.

Se realiza el análisis de zonas para sectorizar la ubicación de los recipientes de recepción de residuos fraccionados y evaluar su producción. Las zonas seleccionadas son Popayán, Campings, Viviendas, Portal Gral. Güemes y senderos peatonales y de cabalgadura.

Se instrumenta en época de bajo turismo, coincidentes con las lluvias otoñales en el Parque, el muestreo diario de los residuos sólidos clasificados en origen por vivienda. Para ello, se divide el muestreo en cinco campañas de recolección, pesadas y registro de datos, que incluyen 60 días de muestreo (tabla 1). En la temporada invernal (de alta demanda turística, del 1 de julio a 31 de octubre, no incluida en el estudio), la generación de residuos aumenta considerablemente, por la diaria afluencia de contingentes estudiantiles y de turismo.

Las fracciones seleccionadas para la separación de los residuos en el muestreo fueron: Orgánicos, papeles y cartones, plásticos, vidrios y peligrosos. Se acondicionaron 120 tachos para la disposición seleccionada de los residuos en los sectores de turismo y domicilios, los que son colocados en soportes especialmente contruidos, se diseñaron carteles identificatorios y folletos instructivos, y se recolectaron diariamente los residuos clasificados, los que luego fueron pesados individualmente, y sus datos registrados en una planilla. Éstas se agruparon según la campaña de muestreo para su estudio.

Gráfico 1: Situación del Parque Nacional El Rey



Los datos son evaluados determinando la cantidad por fracción y total diaria de residuos producidos. También se estudia la variabilidad de producción diaria por campaña de muestreo. Se determina para los residuos orgánicos el tratamiento aeróbico para la producción de compost, seleccionando el emplazamiento y la metodología más apropiados para practicarlo.

RESULTADOS

En el gráfico 1 se representa esquemáticamente los principales caminos, arroyos, lagunas y ríos del Parque, zonas de viviendas, campings y pista de aterrizaje. En éste se marcan 13 emplazamientos sugeridos para instalar los recipientes para depositar los residuos clasificados con la correspondiente cartelería. Para ello se tuvo en cuenta la ubicación de viviendas, zonas de camping, lugares de atracción turística y las distancias peatonales y vehiculares entre los diferentes centros de concentración o descanso, de modo que siempre exista un depositario para los residuos al alcance de todos. También se marca el lugar asignado para preparación del compost.

Doce (12) de las diecisiete (17) viviendas del Parque y el sector de camping generaron residuos durante el muestreo. Las cifras con los totales producidos en las cinco campañas durante los 60 días de muestreo, se muestran en tabla 1.

Tabla 1: Resultados Muestreo de residuos en Parque Nacional El Rey (Kg)

Campaña Muestreo	Fecha Muestreo	1 Papel	2 Metal	3 Plást.	4 Orgán.	5 Vidrio	6 Pelig.	TOTAL
1ª	16/3 - 06/4	13,517	5,165	10,366	122,09	6,705	2,9	160,743
2ª	28/4 - 16/5	3,63	8,325	4,78	26,3	2,1	0,62	45,755
3ª	17/5 - 25/5	3,42	1,22	2,25	15,4	3,84	0,09	26,22
4ª	26/5 - 30/5	2,55	0,995	3,67	11,15	0,96	0,12	19,445
5ª	31/5 - 05/6	1,95	0,95	2,57	26,15	2,9	1,02	35,54
Produc. Total (Kg)		25,067	16,66	23,636	201,09	16,505	4,75	287,703
Produc. / día (Kg/d)		0,4178	0,278	0,3939	3,3515	0,2751	0,079	4,79505

Se grafican los totales generados por fracción (gráfico 2), expresados en porcentajes de cada una de ellas. Puede apreciarse, la elevada incidencia de la fracción orgánica (69 %), razón por la que su tratamiento merece especial atención. Asimismo, la gran fluctuación de personas que entran y salen diariamente del Parque, incide directamente en la variación de producción diaria de residuos (gráfico 3), y dificultan obtener una cifra exacta de la producción diaria per cápita. Por ello, se analiza la producción total de residuos.

Gráfico 2: Porcentuales por fracciones

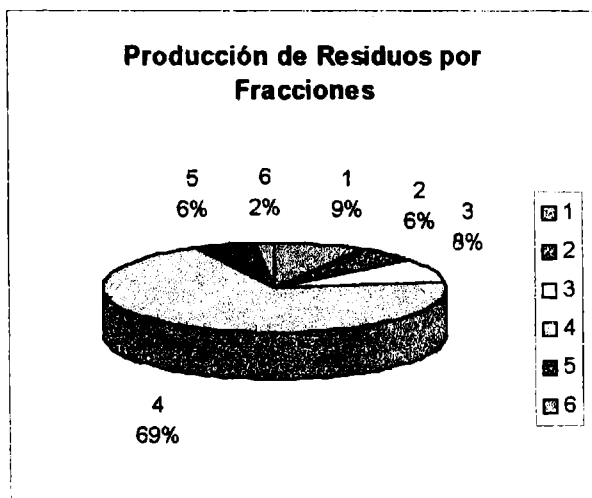
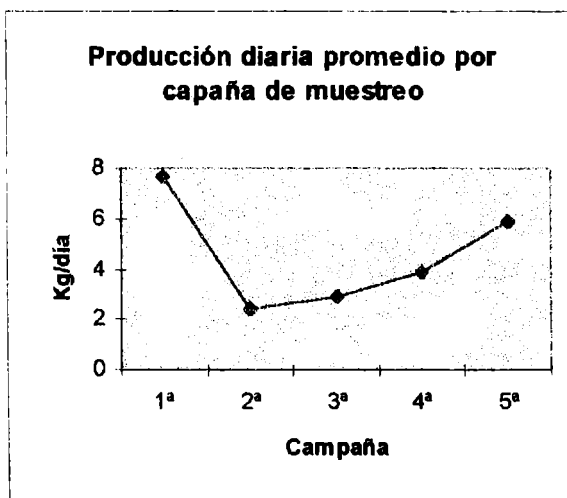


Gráfico 3: Variación de producción diaria de residuos



Con el material orgánico recogido clasificado en el muestreo en los recipientes provistos e instalados para tal fin, se formaron seis pilas para realizar la operación de compostaje por fermentación aeróbica. Para ello, el personal del Parque, siguiendo las instrucciones impartidas, proveyó de todos los elementos necesarios (recipientes, soportes, cartelería y folletería explicativa, etc.). Los residuos se depositaron en el sector asignado y acondicionado de 15m x 24 m, frente a la Pista de aterrizaje (gráfico 1), en lotes de 100 cm de ancho, 30 cm de altura y 600 cm de largo entre las seis pilas. Éstas se cubrieron con nylon transparente, mediante un sistema de soportes de alambres armado a dos aguas. Las pilas fueron removidas al cabo de una semana aproximadamente para permitir una mejor aireación. Para evitar el contacto de la fauna del lugar con las pilas, se cercó la zona circundante con un alambrado y empalizado.

Dentro de la clasificación seleccionada de fracciones, se incluyen los residuos peligrosos, conformados por pilas de linternas, aerosoles y lámparas incandescentes quemadas, debido al elevado consumo detectado de los mismos, y el resto de los residuos no clasificados. En las cinco campañas de muestreo se recogieron 48 pilas ácidas de carbón (22 grandes, 1 mediana y 25 pilas chicas), lo que representa un consumo medio de 0,8 pilas/día, 1 pila de Mercurio tipo botón, 45 lámparas incandescentes con filamento cortado (0,75 lámparas/día), y 20 aerosoles correspondientes a insecticidas principalmente (0,33 aerosoles/día). Por el alto valor potencial de contaminación, se dispuso su almacenamiento transitorio en sitios apropiados, dentro de tachos en lugares cerrados, hasta tanto sean retirados del Parque.

Un elemento no incluido en el muestreo y que necesita una disposición final apropiada, es el aceite mineral quemado por los vehículos, maquinarias y motores estáticos propios del Parque, que cuenta con un consumo promedio mensual de 3.400 litros de gasoil, lo que representa aproximadamente un consumo medio de aceite lubricante de 120 litros / mes. Para este tipo de residuo se propone una Planta de Recuperación de aceite por filtrado (4). Los elementos filtrantes saturados con aceite sucio son considerados como peligrosos por lo que su tratamiento es similar. Éstos no fueron incluidos en los datos relevados por el muestreo.

CONCLUSIONES

Si bien la población estable del Parque Nacional El Rey sumada al flujo diario de turistas y personal no permanente, en ningún momento alcanza el tamaño de lo que se puede considerar como pequeñas localidades (2, 3), las cuales involucran un plan de gestión y disposición y tratamiento de residuos totalmente controlados donde se reemplazan maquinarias pesadas y sistemas complejos de ingeniería por sistemas semimanuales; la comunidad de Parque El Rey, más pequeña aún, pero con una gran incidencia de componentes que impactan el ambiente (pilas, plásticos, etc.), puede manejar sus residuos cumpliendo las siguientes premisas:

- Control del turista para que disponga sus residuos en forma clasificada en el lugar indicado. Dichos lugares deben estar al alcance en los sectores de pernoctancia y en circuitos turísticos (gráfico 1).
- El material considerado "peligroso" no debe permanecer en el Parque, y serán los generadores mismos los responsables de su manejo adecuado. Se deben colocar los carteles al respecto en las zonas de campig para que los turistas lo tengan presente.
- Se minimizará la generación de plásticos solicitando al consumidor buscar otra alternativa, si la hubiere, o de lo contrario tendrá la responsabilidad de evacuarla del Parque.
- Se controlará la adecuada estabilización de la materia orgánica en el sector de compostaje con el interés de obtener un compost útil para el cultivo de las especies típicas de la región.
- El material a reutilizar o reciclar deberá permanecer almacenado por un tiempo prudencial hasta su transporte a un centro de comercialización o recepción.
- Los materiales no considerados en los ítems anteriores se dispondrán en un relleno sanitario al que se le practicarán los controles necesarios.

Esta propuesta será elevada al Intendente de Parque Nacional El Rey, solicitando que implemente una reglamentación al respecto que asegure la buena Gestión de Residuos.

REFERENCIAS

- (1) Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano. Administración de Parques Nacionales. 1995. *Informe Delegación Técnica Regional NOA*. Salta.
- (2) Jaramillo Jorge. 1997. *Residuos Sólidos Municipales*. Serie Técnica N° 28. Organización Panamericana de la Salud. O.M.S. Washington D.C.
- (3) *Apuntes Curso Internacional de Rellenos Sanitarios y de Seguridad*. 1997. CEAMSE, ISWA, OPS/OMS. Mar del Plata.
- (4) Pacheco O., Rodríguez S. F., Herrán M. 1996. *Recuperación de aceite mineral usado por filtración*. Actas 19ava. Reunión Nacional de Energía Solar y Medio Ambiente. Mar del Plata.

AGRADECIMIENTOS

A la Directora Regional NOA de la Administración Nacional de Parques Nacionales, Dra. Patricia Marconi. Al Sr. Fabio Madrid de Parque Nacional El Rey, por su valiosa colaboración. A los Sres. Antonio Bulacio, Santiago Rocha, Mercedes Rouges, personal del Servicio Auxiliar y del Cuerpo de Guardaparques del PN El Rey, que hicieron posible el muestreo.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LIXIVIADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS CON ESTIERCOL PORCINO

Scaroni, E.* Martcarena, M.R.* Camacho, S.M.** Plaza, G.***
Fac. Cs Exactas-Laboratorio de Estudios Ambientales-CIUNSA-INENCO
Universidad Nacional de Salta- Buenos Aires 177- Rep. Argentina-Salta-4400
Fax: 087-255449 E-mail: Scaronie@ciunsa.edu.ar.

RESUMEN

La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como pecuarios son fuentes de contaminación, produciendo un impacto por significar un vector de enfermedades. En el presente trabajo se investiga el tratamiento anaeróbico de los residuos resultantes de la actividad pecuaria mezclados con los lixiviados de la fracción orgánica provenientes de una feria de frutas y verduras municipal, con una relación DQO/N=17,75 y N/P=9. Se comparó este sustrato con medio sintético con una relación DQO/N=34,35 y N/P=7,99.

La remoción de DQO obtenida al cabo de quince días para la mezcla de lixiviados fue de 23,78 %, con una producción de gas metano del 70 %.

El método de tratamiento en estudio es factible de realizar. Para lograr un aumento de remoción de DQO es necesario mejorar la relación DQO/N aportando materia orgánica extra o disminuyendo la cantidad de nitrógeno con un post-tratamiento.

INTRODUCCION

Actualmente la basura de la ciudad de Salta se destina al enterramiento y en zonas rurales y semirurales de la provincia, los residuos son depositados a cielo abierto y a orillas de los ríos sin tratamiento previo. Los residuos municipales como pecuarios son fuentes de contaminación, siendo la fracción orgánica la de mayor impacto por significar un vector de enfermedades.

Un lixiviado producido por los residuos sólidos domiciliarios sin clasificar contiene contaminantes que incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos. La eliminación de productos químicos no biodegradables requiere de métodos físicos o químicos costosos y complejos, en tanto que los compuestos orgánicos biodegradables pueden tratarse a bajo costo, mediante digestión anaeróbica, obteniéndose además dos subproductos como lo son el biogas, fuente alterna de energía y bioabono fertilizante del suelo en reemplazo de abonos químicos.

De allí que resulta imprescindible separar esta fracción del total de basura o sea clasificar en origen. (Plaza, 1994). +reglamentación menor 5% de materia org. en relleno sanitario. +

En los criaderos de cerdo la producción de efluentes contaminantes es importante y voluminosa por lo que se deben realizar tratamientos adecuados para mejorar la calidad de vida y salud humana. El tratamiento anaeróbico también es una de las alternativas posibles de solución para estos desechos.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con dos reactores de 2 litros de capacidad y un volumen activo de 1,24 litros cada uno, a 30 °C. El reactor 1 fue operado en forma discontinua con una mezcla de lixiviados de residuos sólidos orgánicos - estiércol porcino y el reactor 2 igualmente operado con una mezcla de medio sintético - estiércol porcino.

El lixiviado proveniente de la fracción orgánica de los residuos sólidos de una feria municipal de frutas y verduras fue recolectado durante veintiseis días de un pretratamiento aeróbico de los residuos sólidos.

Se inició el tratamiento colocando en cada reactor 540 ml de estiércol porcino al 33 % (P/V), previamente tamizado con una luz de malla de un milímetro, para generar la biomasa.

Con el propósito de adaptar la biomasa se alimentó al reactor 1 con 40 ml de lixiviado (tabla 1) diluido al 50 %, y al reactor 2 con medio sintético (tabla 1 y 2) diluido al 25 % durante cinco días.

Tabla 1: Caracterización lixiviado y medio sintético

Lixiviado	Medio Sintético
DQO: 12.550 mg/l	24.750 mg/l
DBO: 6000 mg/l	
pH: 8,5	7

*Fac. Cs. Exactas-LEA-CIUNSA.-UNSA.

**Fac. Cs. Salud-LEA-CIUNSA-UNSA.

***Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional -LEA-CIUNSA.-UNSA.CONICET-Fac. Ingeniería.

Tabla 2: Composición por litro del medio sintético (Martinez,1990).

Acetato Sodico	30g	Vitamina B2	5mg	Cloruro de Magnesio. 6 H ₂ O	0,1g
Lactato Sodico	8g	Vitamina B6	6mg	Cloruro de Hierro(III)	0,08g
Vitamina A	4,9mg	Vitamina B12	7mg	Cloruro de Niquel(II). 6H ₂ O	0,12g
Vitamina E	2mg	Pantotenato de Calcio	5mg	Fosfato monopotásico	5g
Vitamina C	160mg	Ac.Fólico	0,3mg	Fosfato dipotásico	5g
Vitamina B1	30mg	Biotina	0,18mg	Acido láctico	5ml

Al medio sintético (tabla 2) se agregó 2 g de extracto de levadura y se ajustó el pH a 7 con solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Una vez adaptada la biomasa a cada sustrato se alimentó con 500 ml de lixiviado y medio sintético diluidos respectivamente, dando inicio de esta manera al tratamiento que duró 15 días. Se caracterizó las mezclas en sus parámetros globales físico-químico según Standard Methods, (tabla 3).

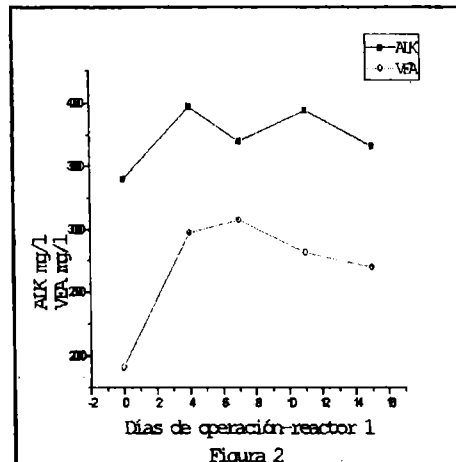
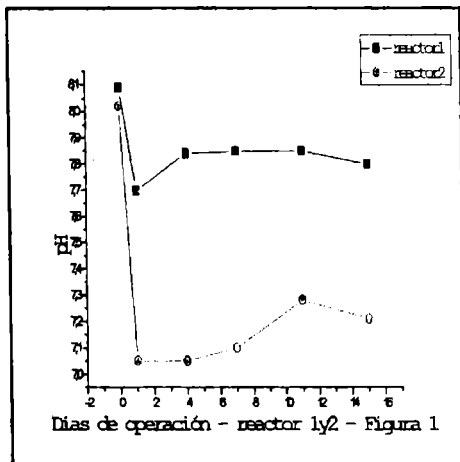
Tabla 3: Caracterización de las mezclas

Parámetros	Lixiviados residuos sólidos orgánicos municipales-estiércol porcino (reactor 1)	Medio sintético-estiércol porcino (reactor 2)
pH	8,09	8,02
N total mg/l	806,25	703,12
P total mg/l	89,5	88
DQO mg/l	14300	24150
ALK mg/l	3397,6	4630,6
VFA mg/l	1909,5	5025
% ST	1,18	7,37
% SV	60,28	34,41
DQO/N	17,75	34,35
N/P	9	7,99

RESULTADOS Y DISCUSION

Los parámetros operativos medidos fueron los siguientes: pH, Temperatura °C, Alcalinidad (ALK, como CO₃Ca), Acidos Grasos Volátiles (VFA), Volúmen de biogas, contenido de Metano, Demanda Química de Oxígeno (DQO), cuya variabilidad pueden observarse en los siguientes gráficos.

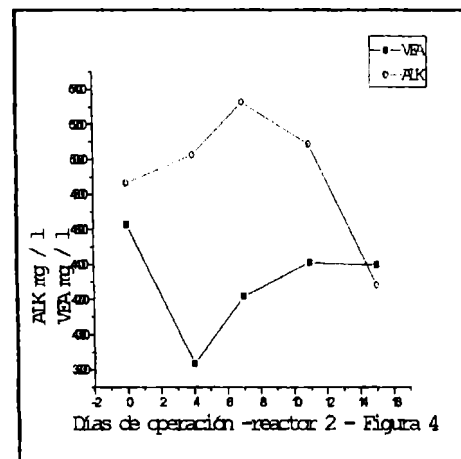
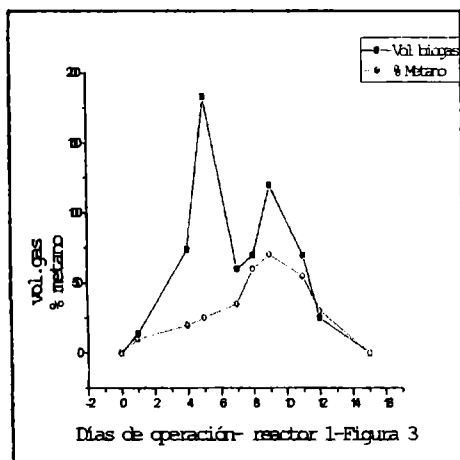
En el reactor 1 se observa en el primer día de operación una disminución de pH de 8,09 a 7,7 (Figura 1), debido al aumento de los VFA (Figura 2) que es controlado por una buena concentración de especies alcalinas, las cuales se mantienen en un rango de 3900 mg/l.



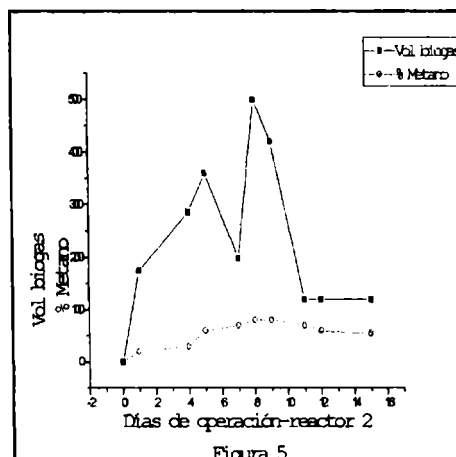
Si bien en una primera etapa se observa una gran producción de biogas, el contenido de metano es bajo (25 %), debido a que la etapa acidogénica prevalece (día 5). En los días subsiguientes la metanogénesis se desarrolla considerablemente hasta lograr una producción de biogas con un 70 % de metano (Figura 3).

El día quince no hay más producción de biogas, esto se debe a la baja relación DQO/N (Bernet, 1997).

La remoción de DQO obtenida a los quince días fue del 23,78 %, en el tiempo considerado.



El reactor 2 fue tomado como referencia, observándose un comportamiento similar (Figuras 1,4,5). La disminución de ácidos grasos volátiles es notoriamente menor debido a que las especies bufferes son más eficientes. La estabilidad del reactor se logra antes, la máxima producción de biogas y metano coinciden (día nueve), continuando la producción de biogas hasta el día veinticinco, esto es debido a que los nutrientes en mejor relación. Se logra una remoción de DQO del 30 % a los quince días. A los veinticinco días se logró una remoción de DQO del 62 %.



CONCLUSION

El estiércol porcino actúa como iniciador de la anaerobiosis en forma eficiente, conteniendo especies alcalinas en una buena concentración para operar el reactor en forma estable.

En la mezcla de lixiviados de residuos domiciliarios y estiércol porcino es necesario mejorar la relación DQO/N, aportando materia orgánica extra o disminuyendo la cantidad de nitrógeno con un post- tratamiento aeróbico.

La operación a escala mayor es simple considerando un tratamiento integrado anaeróbico-aeróbico, para lograr una buena remoción y un alto aprovechamiento energético..

REFERENCIAS

- Gloria,P, Muestreo de Residuos Municipales Clasificados. 17ª Reunión de ASADES. Santa Fé.1994.
- Martínez.J. Tesis Doctoral: Obtención de Biogas a partir de Residuos Orgánicos Urbanos. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. 1990. España.
- Bernet,N. Combined Organic Carbon and Nitrogen Removal from Piggery Wastewater Using Anaerobic and Aerobic SBR. . Proc.8th International Conf. on Anaerobic Digestion. Vol.3. 1997

TÉCNICAS DE PUESTA EN MARCHA PARA EL POS-TRATAMIENTO AERÓBICO DE EFLUENTES AGRO-INDUSTRIALES

M.S.Alonso , N.R.Cayo
Facultad de Ingeniería (INTEMI) - Universidad Nacional de Jujuy
Avdas. Martiarena e Italia , (4600) S. S. de Jujuy
Tel. (088) 221592 , Fax (088) 221588, E-Mail secteruj@200.3.117.9

RESUMEN

En este trabajo se compara la remoción adicional de materia orgánica, lograda en una etapa aeróbica como pos- tratamiento de un filtro anaeróbico alimentado con efluentes de una fábrica de derivados de cítricos, empleando dos técnicas diferentes de puesta en marcha para el sistema aeróbico. En un caso, los microorganismos aeróbicos se aclimataron con el efluente fabril, en discontinuo, antes de conectarse en serie los dos sistemas. En un segundo ensayo, los organismos degradadores del reactor aeróbico fueron aclimatados en continuo con los líquidos de salida del digestor anaeróbico, el que fue alimentado con una solución de concentración escalonadamente creciente del efluente fabril. En ambos casos se logró alcanzar valores de concentración de materia orgánica que resultan aceptables para la reglamentación vigente sobre desagües a cursos receptores. El tiempo requerido para alcanzar estos valores mínimos, como así también la eficiencia de remoción adicional lograda con la etapa aeróbica, dependieron del contenido de materia orgánica del efluente alimentado a la etapa anaeróbica, resultando independientes de la técnica empleada para la puesta en marcha de la laguna aireada.

INTRODUCCIÓN

Los líquidos residuales provenientes de agroindustrias poseen en general una carga orgánica contaminante elevada. Estos efluentes pueden ser parcialmente descontaminados recurriendo al empleo de un biorreactor, preferentemente anaeróbico y de diseño tal que permita el tratamiento de cargas elevadas con el mínimo volumen posible de reactor (1-3). Sin embargo, esta etapa de descontaminación, por más eficiente que sea (90%-95% de remoción de materia orgánica), resulta a menudo insuficiente para satisfacer los requerimientos de la reglamentación local, que, en el caso de la provincia de Jujuy, exige no superar los 20 mg/l de materia orgánica cuantificada como "oxígeno consumido del permanganato" (4). Por esta razón, en la mayoría de estos casos, se adiciona a la etapa anaeróbica un pos-tratamiento aeróbico, que, además de permitir una remoción adicional de la materia orgánica de los residuos tratados, les proporciona un nivel de oxígeno disuelto aceptable (5-8).

Cuando se recurre a un tratamiento "biológico" para reducir la contaminación orgánica de efluentes de origen industrial, se debe normalmente inocular estos líquidos con microorganismos provenientes de un sistema (natural o artificial) de tratamiento en donde ocurra un proceso similar al que se empleará. Las condiciones de puesta en marcha del reactor deben ser elegidas de modo que la aclimatación de los organismos degradadores ocurra lo más rápidamente posible, para alcanzar así en un período razonable de tiempo un estado estacionario para el sistema elegido. En el caso de reactores anaeróbicos, se dispone de bastante información acerca de los diferentes métodos de puesta en marcha y de las ventajas de algunos de ellos (3,9,10), careciéndose de información comparativa en este sentido en el caso de reactores aeróbicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El reactor anaeróbico empleado para los ensayos fue de tipo lecho empacado (filtro anaeróbico), de 7 litros de volumen total, relleno con esponja poliuretánica como soporte de los microorganismo degradadores. Este reactor se mantuvo en una cámara termostaticada a 30°C, y tuvo una alimentación descendente y en continuo, con una solución basada en los efluentes de una fábrica de jugos y aceites esenciales de limón, con agregado de cal para neutralizar el pH originalmente ácido de esos líquidos, y con la adición de sales de nitrógeno y fósforo para favorecer la actividad microbiana. Este reactor anaeróbico, en el momento de iniciar los ensayos con el reactor aeróbico, ya había estado siendo utilizado para ensayos con estos efluentes durante un poco más de dos años.

El reactor aeróbico fue de tipo laguna aireada, con un volumen total de aproximadamente 9 litros, y se mantuvo a una temperatura de alrededor de 20°C .

En un primer ensayo este reactor aeróbico fue alimentado de una sola vez con 8,1 litros de una solución preparada con los efluentes estudiados sin diluir (D.Q.O. promedio = 2900 mg/l), inoculándolos con 0,9 litros de una mezcla de volúmenes iguales de líquidos provenientes, por un lado, de la salida de lavado de los lechos percoladores de una planta depuradora de líquidos urbanos y, por otro, del punto de descarga de los efluentes fabriles a un arroyo. Este reactor funcionó en discontinuo durante 23 días, luego de los cuales, como esta laguna había logrado una D.Q.O. similar a la de la salida del filtro anaeróbico, ambos reactores fueron conectados en serie, actuando el aeróbico como pos-tratamiento.

El segundo ensayo se realizó al año siguiente, con una nueva partida de efluente, más concentrada que la anterior (D.Q.O. promedio= 4800 mg/l). En este caso, los organismo degradadores del reactor aeróbico fueron aclimatados en continuo con

los líquidos de salida del filtro anaeróbico, ya que la conexión en serie entre los reactores ocurrió desde el comienzo. La puesta en marcha fue, entonces, conjunta, y se logró alimentando el digestor anaeróbico con una solución escalonadamente cada vez más concentrada del efluente a tratar, en tanto el reactor aeróbico fue cargado al comienzo con una solución con pH ligeramente alcalino, preparada simplemente con 8,1 litros de agua, sales de nitrógeno y fósforo y 0,9 litros de un inóculo mezcla similar al citado para el primer ensayo.

El funcionamiento de los reactores, en cuanto a su capacidad de descontaminación, se controló a través de la medición de la demanda química de oxígeno de los líquidos de entrada y salida de los reactores, empleándose la técnica de micrométodo de D.Q.O. Para una serie de muestras de salida se realizaron análisis de oxígeno consumido del permanganato (O.C.), obteniéndose una relación D.Q.O./O.C. = 7-8.

RESULTADO Y DISCUSION

Los rangos de valores promedio encontrados para ambos ensayos en los diferentes estados alcanzados se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 1. Remoción de materia orgánica para el pos-tratamiento aeróbico

ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE CONEXION EN SERIE [días]	EFICIENCIA DE DESCONTAMINACION PARA ETAPA AEROBICA [% D.Q.O. alimentada]	MATERIA ORGÁNICA A LA SALIDA DEL REACTOR AERÓBICO	
			[mg D.Q.O./l]	[mg O.C./l]
1	15 en adelante	8-9	110-140	15-19
2	28	20-22	220-225	29-30
	50	55-60	110-130	15-17

En el estado estacionario, el filtro anaeróbico alimentado con el efluente sin diluir tuvo en ambos casos una eficiencia de descontaminación, como etapa individual, de 95 ± 1 % de D.Q.O.

Como puede observarse, si se comparan las eficiencias de descontaminación de la etapa aeróbica a un mes de iniciados los ensayos, se encuentra que los mejores resultados corresponden al ensayo N° 2, para los organismos aeróbicos aclimatados en continuo con los líquidos de salida del filtro anaeróbico. Sin embargo, por una cuestión de diferencia en el contenido de materia orgánica de los efluentes alimentados al digestor, resulta en realidad que los líquidos de salida de la laguna tienen, para este tiempo transcurrido, una concentración de materia orgánica más baja para el primer ensayo, con un oxígeno consumido del permanganato aceptable según la reglamentación de la provincia de Jujuy (y otras de Argentina). Esta situación, es decir 110-130 mg D.Q.O./l o sea menos de 20 mg O.C./l, recién ocurre para el segundo ensayo a partir de aproximadamente 50 días desde el comienzo del mismo.

Los resultados hallados no pueden ser comparados cuantitativamente con los de las publicaciones consultadas (5-8), ya que dependen del diseño de los reactores empleados y de las condiciones operativas (tipo de efluente, temperatura, pH, etc.).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede concluir que:

- La mínima D.Q.O. de salida de la etapa aeróbica de pos-tratamiento para este efluente y para las condiciones (temperatura, pH, diseño de reactores) aplicadas es de alrededor de 110-140 mg D.Q.O./l (15-19 mg O.C./l).
- El tiempo necesario para alcanzar este valor (que no puede ser mejorado por ser un límite de biodegradabilidad, y que permite cumplir con la reglamentación correspondiente) depende de la concentración de materia orgánica de la alimentación al reactor aeróbico, que es, por la conexión en serie, la del líquido de salida de la etapa anaeróbica de tratamiento, concentración ésta que depende de la del efluente puro alimentado al filtro anaeróbico. Por lo tanto, este tiempo depende más bien del contenido de materia orgánica del efluente fabril, y sería independiente del tipo de puesta en marcha empleado para la etapa aeróbica, al menos para las condiciones estudiadas y para las dos técnicas de puesta en marcha ensayadas en este trabajo.

AGRADECIMIENTO

La realización de este trabajo fue posible gracias a un subsidio otorgado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy. Se agradece también la colaboración del Sr. Juan Carlos Jerez, alumno de la carrera Ingeniería Informática de la U.N.Ju.

REFERENCIAS

- 1- Lettinga G., Van Velsen A., Hobma W. de Zeeuw W. y Klapwijk A. (1980). Use of the USB reactor concept for biological waste water treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, **22**, pp. 699-734.
- 2- Dahab M.F. y Young J.C. (1982). Retention and distribution of biological solids in fixed bed anaerobic filters. En *Proc. of the 1st. International Conference of Fixed Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Estados Unidos de Norteamérica.
- 3- Heijnen J.J., Mulder A., Enger W. y Hoeks F. (1986). Review on the application of anaerobic fluidized bed reactors in waste-water treatment. En *Proc. of Water Treatment Conference AQUATECH'86*, pp. 161-173, Amsterdam, Holanda.
- 4- Poder Ejecutivo de la Provincia de Jujuy (1995). Decreto 3218. Normas para desagües a cursos receptores, Anexo II.
- 5- Çiftçi T. y Öztürk I. (1995). Nine years of full-scale anaerobic-aerobic treatment experiences with fermentation industry effluents. *Water Sci. and Technol.*, **32(12)**, 131-140.
- 6- Malaspina F., Stante L., Cellamare C. M. y Tilche A. (1995). Cheese whey and cheese factory wastewater treatment with a biological anaerobic-aerobic process. *Water Sci. and Technol.*, **32(12)**, 59 - 72.
- 7- Monroy H.O., Vázquez M.F., Derramadero J.C. y Guyot J.P. (1995). Anaerobic-aerobic treatment of cheese wastewater with national technology in Mexico : the case of "El Sauz". *Water Sci. and Technol.*, **32 (12)**, 149-156.
- 8- Martearena M.R., Plaza G., Siñeriz F. y Córdoba P. R. (1996). Depuración biológica de efluentes lácteos. En *Actas de la 19a. Reunión de Trabajo ASADES*, Tomo II, pp. 10.1-10.4, Mar del Plata.
- 9- Bernúdez J.J., Cánovas Díaz M., Manjón Rubio A. e Iborra Pastor J.L. (1988)- Stability of a downflow anaerobic fixed-film reactor to feed change. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **27**, 601-605.
- 10- Sreekrishnan T.R., Ramachandran K.B. y Ghosh P.(1991). Effect of operating variables on biofilm formation and performance of an anaerobic fluidized-bed reactor. *Biotechnol. Bioeng.*, **37**, 557-566.

CARACTERIZACION DEL LIXIVIADO DE UN RELLENO SANITARIO DE JUJUY (ARGENTINA)

M.S.Alonso, R.R.Moyano, S.R.Barberis, N.R.Cayo, M.B.Anador
Facultad de Ingeniería (INTEMI) - Universidad Nacional de Jujuy
Avdas. Martiarena e Italia , (4600) S. S. de Jujuy
Tel. (088) 221592 , Fax (088) 221588, E-Mail secteruj@200.3.117.9

RESUMEN

Se determinaron las características de los líquidos de lixiviado extraídos de un vertedero de residuos sólidos domiciliarios de la provincia de Jujuy, a través de dos muestreos realizados en dos estaciones del año diferentes. Los análisis efectuados fueron: pH, oxígeno consumido del permanganato, sólidos sedimentables en 10 minutos, demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días , sulfuros, plomo, mercurio, arsénico, fenoles, detergentes, oxígeno disuelto, hierro, alcalinidad total, demanda química de oxígeno total.

Los resultados hallados se apartan, en su mayoría, de los valores exigidos por la reglamentación local, y corresponden, según comparaciones con la bibliografía existente sobre el tema, a un lixiviado evolucionado.

INTRODUCCIÓN

En los sitios de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios se acumulan líquidos de "lixiviado" o "percolado", que pueden provocar problemas de contaminación en acuíferos subterráneos o superficiales, por lo que estos efluentes deben ser extraídos y tratados para reducir su carga contaminante (1).

Las características del lixiviado formado depende de numerosas variables, entre las que se encuentran : la composición y el contenido de humedad de los residuos dispuestos en el vertedero, la intensidad y régimen de las precipitaciones pluviales y la antigüedad del relleno sanitario y del lixiviado acumulado al fondo del mismo (1-3).

Dado que estos factores generan una gran variabilidad en la composición y propiedades de un lixiviado, lo aconsejable (tal como ocurre para los líquidos residuales de origen industrial) es recolectar datos del lixiviado específico a tratar, o de uno lo más similar a él, como paso previo al diseño del sistema de descontaminación a emplear, en lugar de basarse en datos de bibliografía que pueden corresponder a regiones en donde las condiciones climáticas, las costumbres de la población, etc., son más o menos diferentes de las del lugar de estudio (3, 4).

Resulta, entonces, de interés realizar avances en la caracterización de lixiviados de vertederos del Noroeste argentino, ya que los datos publicados acerca de la caracterización de estos líquidos residuales (2-7) corresponden a ciudades (de Argentina y otros países) con regímenes de lluvias, pautas culturales, niveles socio-económicos, etc., diferentes, en mayor o menor medida, a los de la región estudiada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los líquidos de lixiviado analizados fueron extraídos de un vertedero de Jujuy, en donde los residuos sólidos domiciliarios se disponen enterrándolos.

La primera toma de muestra se realizó en invierno (estación seca), en dos pozos de muestreo diferentes, en tanto la segunda toma de muestra se hizo para un solo pozo de muestreo y a fines de verano (estación de lluvias intensas). Los puntos de muestreo fueron elegidos de modo de corresponder a una misma celda en funcionamiento en el relleno sanitario estudiado.

Los análisis realizados, según técnicas normalizadas de origen nacional o internacional, fueron: pH, oxígeno consumido del permanganato (O.C.), sólidos sedimentales en 10 minutos (S.S.10'), demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (D.B.O.5), sulfuros, plomo, mercurio, arsénico, fenoles, detergentes, oxígeno disuelto (O.D.), hierro, alcalinidad total (Alc. total), demanda química de oxígeno total (D.Q.O. total). La selección de los parámetros analizados se hizo de modo de comparar los resultados con los valores exigidos por la reglamentación local y, además, con los datos disponibles en bibliografía, todo con el fin, en una próxima etapa de estudios, de seleccionar el sistema de tratamiento descontaminante más apropiado para estos líquidos.

Nota Técnica

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis de lixiviado de un relleno sanitario de Jujuy.

PARÁMETRO	UNIDADES	MUESTRAS INVIERNO		MUESTRA VERANO SIGUIENTE
		POZO "A"	POZO "B"	
pH	upH	7,2	7,8	7,8
O.C.	mg/l	530	770	90
S.S. 10'	ml/l	0,6	21	1,5
D.B.O. 5	mg/l	1400	2300	380
Sulfuros	mg/l	0	0	0
Pb	mg/l	0,25	2,1	0,3
Hg	mg/l	0,002	0,006	0,006
As	mg/l	1	1	1
Fenoles	mg/l	0,09	0,28	0,03
Detergentes	mg/l	0,29	0,75	0,06
O.D.	mg/l	0	0	0
Fe	mg/l	28,5	35	16,3
Alc. total	mgCaCO ₃ /l	6300	8300	6000
D.Q.O. total	mg/l	3200	3600	1680

En la Tabla 2 se muestran los resultados disponibles en publicaciones (2-7) para análisis de lixiviados de Buenos Aires y de ciudades de otros países, y además se encuentran los valores exigidos por la reglamentación vigente en la provincia de Jujuy (8). Los valores más altos de los diferentes intervalos corresponden a lixiviados más nuevos.

Tabla 2. Datos de bibliografía para análisis de lixiviados y valores exigidos por la reglamentación de Jujuy

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES EXIGIDOS REGLAM. JUJUY	VALORES DE BIBLIOGRAFIA
pH	upH	6,5 - 8,5	4,0 - 8,5
O.C.	mg/l	20 o menos	-----
S.S. 10'	ml/l	0,5 o menos	-----
D.B.O.5	mg/l	40 o menos	4,0 - 69000
Sulfuros	mg/l	1 o menos	-----
Pb	mg/l	0,1 o menos	0 - 1020
Hg	mg/l	0,005 o menos	0 - 50
As	mg/l	0,10 o menos	0,04 - 1600
Fenoles	mg/l	0,001 o menos	0,8 - 28,0
Detergentes	mg/l	2 o menos	0,7 - 2,3
O.D.	mg/l	-----	0
Fe	mg/l	-----	0,2 - 5500
Alc. total	mgCaCO ₃ /l	-----	0 - 26000
D.Q.O. total	mg/l	-----	0 - 89500

De la comparación de los resultados de la Tabla 1 con los de la Tabla 2 resulta que :

- a) Para los líquidos analizados, salvo en el caso del pH, del contenido de sulfuros y de detergentes, y del de mercurio para una de las muestras del primer ensayo, los valores de los parámetros analizados se apartan, en mayor o menor grado, de los límites permitidos por la reglamentación de Jujuy.
- b) Los resultados hallados serían característicos de un lixiviado medianamente evolucionado.
- c) Los valores encontrados en el segundo muestreo resultan, para la mayoría de los parámetros, inferiores a las del primero, lo que podría ser una consecuencia ya sea de la dilución por filtración de las intensas precipitaciones del verano, del lixiviado acumulado, o de la evolución natural del mismo al fondo del relleno, o deberse a ambas causas simultáneamente.

AGRADECIMIENTO

La realización de este trabajo fue posible gracias a un subsidio otorgado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy. Se agradece también la colaboración del Sr. Juan Carlos Jerez, alumno de la carrera Ingeniería Informática de la U.N.Ju.

REFERENCIAS

- 1- Wilkin, P. (1995). Emisiones y lixiviados de vertederos. *Gestión de desechos*, **Marzo**, 53-54.
- 2- Avezzù F., Bissolotti G., Collivignarelli C., Volpi Ghirardini A. (1995). Behaviour of heavy metals in activated sludge biological treatment of landfill leachate. *Waste Managem. & Res.*, **13**, 103-121.
- 3- CalRecovery Inc. (1997). Formación de lixiviado y balance hidráulico. En *Apuntes del Curso Internacional de Rellenos Sanitarios y de Seguridad*, pp. 12.1-12.12, Mar del Plata.
- 4- Pohland F.G., Harper S.R. (1986). Critical review and summary of leachate and gas production from landfills, EPA Cooperative Agreement CR809997 Georgia Tech., Project N° E-20-G01, U.S. Environmental protection agency.
- 5- Da Costa Leite L.E., Filho A.R., Da Silva E.M.R. (1981). Avaliação da produção de percolado do lixo e da capacidade filtrante de aterros sanitários. En *Proc. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, pp. 1-21, Fortaleza, Brasil.
- 6- González Videla L.J. (1981). Monitoreo ambiental en rellenos sanitarios. En *Actas del Primer Congreso Mundial de Ingeniería y Medio Ambiente*, Buenos Aires.
- 7- Stegman R. (1982). The pollution potential of sanitary landfill. *Effects of Waste Disposal on Groundwater and Surface Water-LAHS*, **139**, 125-135.
- 8- Poder Ejecutivo de la Provincia de Jujuy (1995). Decreto 3218. Normas para desagües a cursos receptores, Anexo II.

DESINFECCIÓN DE AGUA POR VÍA SOLAR PARA PRODUCCIONES MEDIANAS (INFORME DE AVANCE)¹

Judith Franco², Humberto Barcena, Carlos Cadena³
INENCO - Instituto UNSa-CONICET
Teresa Lagarde de Courtade
Facultad de Ingeniería-UNSa
Calle Buenos Aires 177 -4400 Safta, Argentina
Tel.: 54 87 255424 - Fax: 54 87 255489
Email: francoj@ciunsa.unsa.edu.ar

RESUMEN: *Se presentan los trabajos realizados para purificación de agua con contaminaciones altas y producciones mayores a los 40 lt. Se trabajó con dos sistemas: uno con bolsas de polietileno que contienen 40 lt de agua cada una y se exponen a la radiación solar, el otro con un equipo de lámparas UV para una producción de 400 lt/día. Se describen las experiencias realizadas y los resultados obtenidos.*

INTRODUCCIÓN:

Existen distintos métodos para mejorar la calidad del agua de consumo, el que se usa comúnmente en los centros urbanos es la cloración de las aguas. En las áreas rurales donde no hay acceso a las técnicas de purificación los pobladores consumen el agua directamente de los ríos o represas naturales, con un alto contenido de contaminación bacteriológica. Esta es una de las principales causas de enfermedades, en especial en la población infantil.

La Organización Mundial de la Salud, aconseja que el agua para consumo humano debe cumplir con ciertas normas bacteriológicas. Cada país tiene sus propias normas, por ejemplo Argentina se rige por el Código Alimentario Nacional de donde se transcribe el Art. 982 (Res. 1547, 17/9/85)

Características Microbiológicas:

No contendrá gérmenes patógenos y/o toxicogénicos, esta exigencia se dará por no cumplida si presenta:

- a) Recuento aerobio mesófilo a 37 °C (placa PCA): mayor de 100 unidades formadoras de colonias/ml (10.000 col/ 100ml)
- b) Coliformes totales: más de 3/100 ml (NMP a 37 °C Caldo Mac Conkey o Verde Brillante)
- c) Escherichia coli: presencia en 100 ml
- d) Pseudomonas aeruginosas: Presencia en 50 ml

Normas Bacteriológicas:

	NMP/ 100 ml de bacterias coliformes
I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.	0 - 50
II. Exige métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección)	50 - 5000
III. Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos.	5000 - 50000
IV. Contaminación muy intensa, inaceptable	más de 50.000

La Organización Panamericana de Salud (OPS) ha establecido las características deseables de los equipos de desinfección destinados a poblaciones pequeñas y zonas rurales latinoamericanas. Estas características son: sencillez de operación y mantenimiento y en lo posible, libres de la necesidad de efectuar cálculos químicos y matemáticos; equipo resistente y durable, fácil de reparar; empleo de sustancias químicas primarias al alcance o de fácil obtención y uso de un desinfectante fiable, eficaz e inocuo, capaz de actuar en diversas condiciones fisicoquímicas y con actividad residual suficiente. Se hace necesario entonces buscar técnicas sencillas y económicas para purificar el agua y hacerla aceptable para el consumo humano.

En trabajos anteriores se presentaron dos métodos para purificación de agua en zonas rurales aisladas con la utilización de la energía solar (1), (2). Estos métodos se pueden diferenciar de la siguiente manera:

Directo: utiliza la radiación solar de forma directa para la desinfección o inactivación de gérmenes. Consiste en la exposición a la radiación solar del agua contaminada contenida en bolsas de polietileno transparente durante un periodo de un día.

Indirecto: en este caso, la radiación solar se utiliza para abastecer un sistema fotovoltaico, al que se le conecta un equipo de purificación con lámparas de UV, el agua circula a través de las lámparas de forma continua y se recolecta en un tanque.

¹ Este trabajo se realiza en el marco del Proyecto N° 481 del CIUNSA

² Investigador Asistente del CONICET

³ Profesional Adjunto CONICET

Comunicación

Este trabajo muestra los resultados obtenidos con bolsas grandes y contaminación intensa, que permite aumentar la producción de agua potable con el método directo, y los ensayos realizados con contaminación intensa con el método indirecto.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

Se determina la letalidad en función del recuento en placas de cultivo de gérmenes mesófilos totales (TGE) y de coliformes totales (ENDO). Se utilizó el método de filtración por membranas de acetato de celulosa con diámetro de poros de 0,45 mm de 100 ml de la muestra o sus diluciones. Este tamaño de poros impide el pasaje de microorganismos de mayor volumen (bacterias). Las membranas se retiran del equipo de filtración por succión y se colocan sobre el medio de cultivo en cajas de Petri. Para recuento aerobio mesófilo se usa T.G.E. y para coliformes totales Endo como medios de cultivos líquidos soportados sobre un medio poroso (pad). En ambas pruebas se incuban a 37 °C durante 24 - 48 horas y se cuenta el número total de colonias.

Esta técnica de análisis requiere la realización de suficientes diluciones para determinar el número de colonias, si la muestra está muy contaminada. Si la dilución es baja, se obtiene como resultado un número de colonias incontables, o grandes manchas que se interpretan como varias colonias juntas sin poder determinarse el número. El agua del río de donde se tomaron las muestras tienen una contaminación variable debido a que se encuentra en una zona semiurbana por lo que no se puede presuponer qué contaminación tienen las muestras. Esto provoca algunas dificultades para determinar los parámetros de diseño ya que hay que tener una idea previa de la contaminación del agua. Para realizar los ensayos se optó por recoger el agua a tratar, realizar un primer análisis para determinar la contaminación inicial, mantener el agua refrigerada hasta obtener los resultados del análisis (48 hs) y recién proceder con los ensayos.

EXPERIENCIAS CON BOLSAS DE AGUA (MÉTODO DIRECTO)

El sistema consiste en una caja de 80 cm x 120 cm x 4 cm con aislación en la base y de color negro, donde se coloca una bolsa de polietileno transparente sin tratamiento térmico, con el agua a purificar. En este caso se utilizó agua del río "La Caldera" que corre cercano a la Universidad y tiene agua todo el año. Se cargan las bolsas a la mañana temprano y se deja a la exposición de la radiación solar hasta la tarde.

Se tomaron muestras de agua a distintos intervalos de tiempo y se realizaron los análisis bacteriológicos para la determinación de gérmenes aerobio mesófilo totales y coliformes totales. Se midió la radiación solar recibida y la temperatura del agua. Se realizaron las experiencias con contaminación tipo II y III. Los resultados obtenidos en dos ensayos se muestran en las tablas 1 y 2 con sus respectivas figuras 1 y 2.

Tabla 1: Experiencias con bolsas, valores medidos de temperatura, energía recibida y N° de colonias para contaminación tipo II

Día 16/4 Hora	Temperatura °C	Energía global recibida (J/m ²)	Gérmenes total (n° col/100 ml)	Coliformes (n° col/100 ml)
10 hs	18,4	0	90000	3300
12 hs	37,8	3,3 x 10 ⁶	48000	300
13 hs	45	5,3 x 10 ⁶	300	50
14 hs	54,7	7,5 x 10 ⁶	140	0
15 hs	57,5	9,5 x 10 ⁶	100	0
16 hs	56,7	1,1 x 10 ⁷	90	0

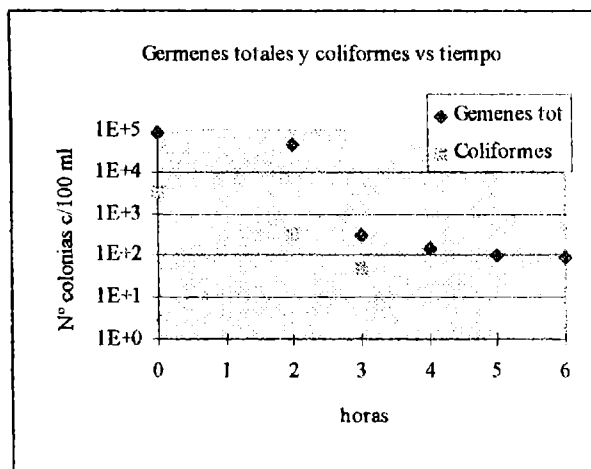


Fig. 1 a

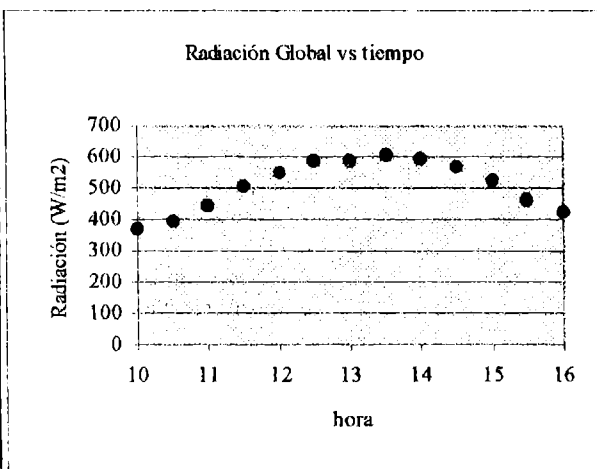


Fig. 1 b.

Tabla : Experiencias con bolsas, valores medidos de temperatura, energía recibida y N° de colonias para contaminación tipo III

Día 6 /5 Hora	Temperatura °C	Energía global recibida (J/m ²)	Gérmenes total (n° col/100 ml)	Coliformes (n° col/100 ml)
10 hs	17,9	0	4260000	20000
12 hs	36,1	4,3 x 10 ⁶	70000	5400
13 hs	42,3	6,9 x 10 ⁶	900	500
14 hs	51,1	9,6x10 ⁶	710	24
15 hs	51,3	1,2 x 10 ⁷	500	24
16 hs	48,5	1,4 x 10 ⁷	350	2

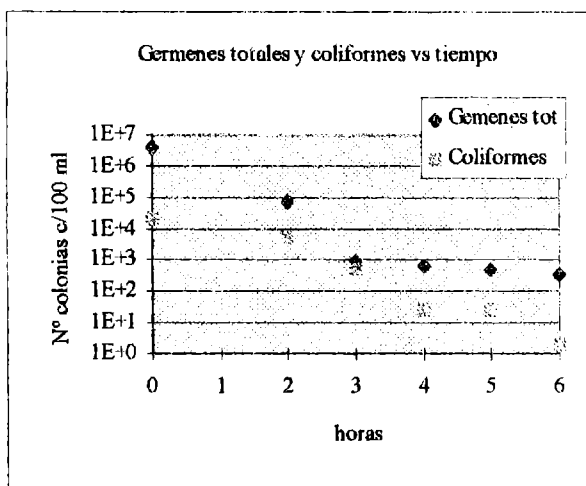


Fig. 2 a

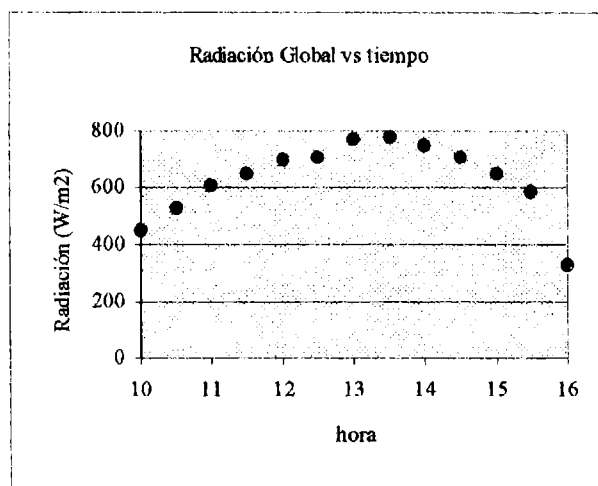


Fig. 2 b

Como se puede observar de los resultados experimentales la técnica es efectiva aún para contaminaciones medias y altas. La producción de agua para días claros es de 40 lt por bolsa. Para mayores producciones se pueden colocar varias bolsas para consumo diario. En los ensayos realizados en la época de invierno cuando la radiación es menor, se obtienen resultados similares. Para días nublados la contaminación se reduce tres o cuatro órdenes de magnitud pero sin llegar a los niveles que se consideran aptos para el consumo. Esto se debe a que la componente UV de la radiación solar en días nublados disminuye en menor proporción que la radiación total, siendo esta componente considerada como uno de los parámetros importantes para la inactivación de las bacterias.

EXPERIENCIAS CON LÁMPARAS DE UV (MÉTODO INDIRECTO)

Se utilizó el equipo descrito en (2) que consiste en una cámara cilíndrica de acero inoxidable ubicada en posición vertical, dentro de la cual se coloca la lámpara de UV. El agua entra por el extremo inferior de la cámara, circula a través de la misma y alrededor de la lámpara y sale por el otro extremo en pocos segundos. La potencia sobre las paredes es 35 W/m² de la línea de UV-C, dependiendo la fluencia (energía total recibida durante el tiempo de residencia) del caudal con el cual se está trabajando.

Para realizar los ensayos se llena un tanque de 100 lt con agua contaminada, esta se hace circular a través de la cámara con la lámpara durante una hora, tomándose muestras del agua de salida a los 20, 40 y 60 min.; esto se realiza para determinar si la letalidad es constante en el tiempo. Se recoge el agua de salida en otro recipiente tomándose una muestra de la mezcla. Luego se analizan las muestras de agua determinándose el N° de colonias cada 100 ml.

Se realizaron ensayos con agua de río con contaminación tipo II, para un caudal de 1 lt/min, se observó una alta contaminación del agua producida, dando como resultado en las distintas diluciones un N° de colonias incontables. Se decidió entonces disminuir el caudal de circulación a 0,5 lt/min. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Letalidad observada con el equipo de lámpara UV con un caudal de 0,5 lt/min

Caudal 0,5 lt / min	Gérmenes totales (N° de colonias c/100 ml)	Coliformes totales (N° de colonias c/100 ml)
Inicial	33000000	2000
Mezcla (producto)	21000	45
40 min	10000	40

Las muestras tomadas a los 20 y 60 min arrojaron los mismos resultados que la de 40 min. El equipo se utilizó sin el filtro previo propuesto en el trabajo anterior, a partir del recuento del número de colonias después del tratamiento, se observa que el agua no tiene los niveles para considerarla apta para el consumo humano según las normas.

Como en las zonas rurales no se pueden realizar los análisis para determinar la contaminación inicial y así regular el caudal del equipo existen dos alternativas a seguir:

- a) Aumentar el número de lámparas a usar, que implica un aumento en la potencia eléctrica del sistema, elevando los costos del equipo.
- b) Colocar un filtro de arena. Estos filtros son sencillos de fabricar y pueden reducir la contaminación inicial en 2 o 3 órdenes de magnitud (3), esto permitiría que el agua a purificar tenga una menor contaminación inicial y en ese caso el equipo puede resultar efectivo sin tener la necesidad de aumentar la potencia de las lámparas.

CONCLUSIONES

La decontaminación del agua para volúmenes más grandes que los habitualmente usados en el caso del método directo es efectiva en días claros. En días nublados se observa una disminución de la contaminación inicial del agua sin llegar a los niveles óptimos.

La utilización del método indirecto requiere un filtrado previo para reducir la contaminación inicial o un aumento en la potencia del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Blesa, O. et al, "Evaluación De Parámetros Asociados Al Proceso De Desinfección Solar De Agua", ASADES, 1995.
- 2.- Cadena, C. Et al "Fabricación Y Testeo De Un Sistema De Desinfección De Agua Con Lámparas UV Empleando Paneles Fotovoltaicos Como Fuente De Energía", ASADES, 1996.
- 3.- Comunicación personal, Arq. Ma. Emilia Castel del INTN, Asunción, Paraguay.

BANCO PARA EMULACIÓN DE TURBINAS EÓLICAS

Bossio G., De Angelo C., Forchetti D., García G., Leidhold R.
Grupo de Electrónica Aplicada (GEA)
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta Nacional #36 Km. 601 - TE: 058-676255 - Fax: 058-676246
E-mail: gea@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se propone la implementación de un banco de ensayos para sistemas de generación eléctrica (generadores eléctricos, incluyendo sus controles y cargas) de uso en turbinas eólicas. Este banco de ensayos permite emular la dinámica de una turbina conectada al generador. Esto se consigue a través del control de par de una *Máquina de Corriente Continua (MCC)* en función de un perfil de viento predeterminado. El control de par se realiza a través de la simulación en tiempo real de la característica y de la dinámica de la turbina (incluyendo inercia, rozamiento, etc.). El objetivo de este banco es realizar ensayos de rendimiento y determinar la respuesta dinámica del control de diferentes tipos de generadores.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el avance de la tecnología ha permitido mejorar el rendimiento de los sistemas de generación eólica. Esto se ha conseguido debido al uso de nuevos materiales y equipos de control y conversión de energía, como por ejemplo el logrado mediante el desarrollo de nuevos perfiles de hélices de paso variable. Además, el uso de convertidores estáticos (electrónica de potencia) permite trabajar a velocidad variable y obtener el mejor rendimiento en función de la velocidad del viento, ofreciendo así energía en *Corriente Alternada (CA)* de frecuencia y tensión constantes. Esto, finalmente, se traduce en una mejor captura de la energía contenida en vientos de baja velocidad. En algunos casos ha permitido, a través del uso de turbinas de velocidad variable, duplicar el rendimiento de las mismas en términos de kWh/m² de área barrida por año (Ramos, 1994).

El futuro de la energía eólica es prometedor. Se estima que en la mitad del próximo siglo la producción de energía en parques eólicos podrá suplir más del 10% del consumo de energía en el mundo, según estudios realizados por el World Wacht Institute. Esto ya es una realidad en algunas regiones del planeta como el norte de Alemania y Dinamarca (Wind Stats, 1996).

Se calcula que en Argentina existen entre 2,5 a 3 millones de habitantes sin posibilidad de acceso a los sistemas convencionales de distribución de energía. En respuesta a esta realidad, se ha creado el "Programa de Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa de Argentina". Este indicador muestra la importancia que tiene en nuestro país el desarrollo de tecnologías destinadas a la generación eléctrica en regiones aisladas. Por otro lado, ha quedado demostrado que la única fuente de energía no convencional competitiva debido a su costo es la eólica (Jayadev, 1995).

Existen muchos trabajos con diferentes propuestas para implementar sistemas de generación eólica usando diferentes tipos de generadores, controladores, etc. Por otro lado, debido al creciente interés en este tipo de generación, se están creando normas que regulan las características de los distintos componentes del sistema (Germanischer Lloyd, 1994).

Una vez construidos los prototipos experimentales, para evaluar las propuestas realizadas, normalmente, es necesario realizar una validación experimental a través de ensayos.

Para esto, una opción es instalar un sistema completo (incluyendo torre, sistema de direccionamiento, controles, etc.) y "esperar que la naturaleza provea diferentes perfiles de viento" para analizar el comportamiento del sistema ante las diferentes situaciones de funcionamiento (viento y carga).

Cuando lo que se quiere ensayar es solo el sistema de generación, una opción más racional (no dependiente de los caprichos climatológicos) es crear un laboratorio de ensayos que emule el comportamiento de la turbina ante diferentes perfiles de viento y condiciones de carga. Este es el objetivo de este trabajo.

SISTEMA PROPUESTO

En este trabajo se propone la implementación de un banco de ensayos para sistemas de generación eléctrica (generadores eléctricos, incluyendo sus controles y cargas) para uso en turbinas eólicas. Este banco de ensayos permite emular la dinámica de una turbina conectada al generador.

La dinámica de la hélice se simula a través del control de par de una *Máquina de Corriente Continua (MCC)* en función de un perfil de viento predeterminado. El control de par se realiza a través de la simulación en tiempo real de la característica y dinámica de la turbina (incluyendo inercia, rozamiento, etc.).

El objetivo de este banco es realizar ensayos de rendimiento y determinar la respuesta dinámica del control de diferentes tipos de generadores

El sistema consta básicamente de dos bloques funcionales:

- Módulo de Simulación de la Turbina;
- Actuador;

descritos, sucintamente, a continuación.

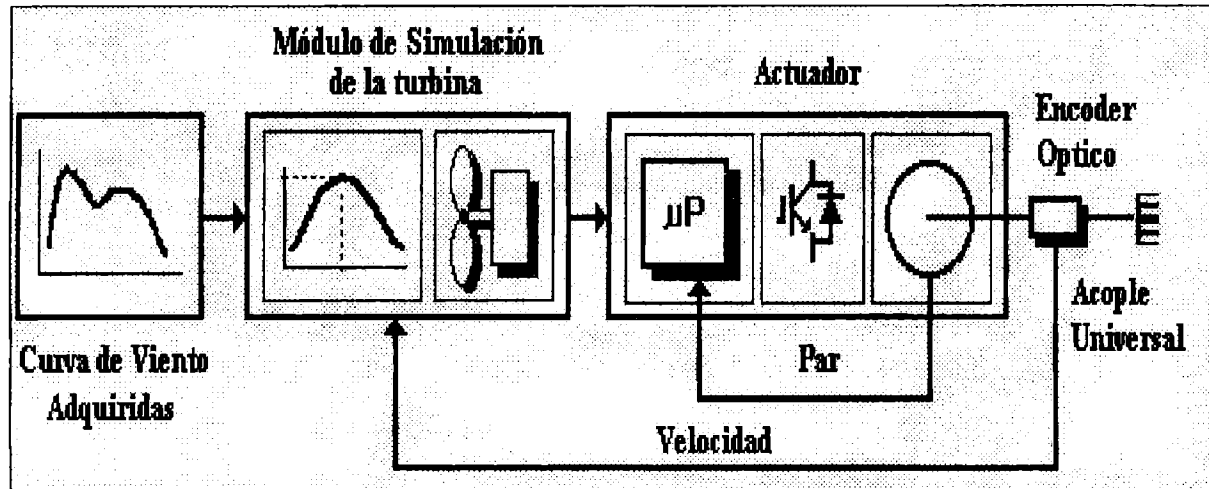


figura 1

MÓDULO DE SIULACIÓN DE LA TURBINA

La función del Simulador de la Turbina es calcular, en función de un perfil de viento predeterminado, el valor instantáneo del par que sería transferido por una turbina al eje del generador.

Las entradas de este módulo son: el perfil de viento y la velocidad del eje del generador. La curva de viento puede ser adquirida a través de mediciones realizadas por una estación anemométrica o propuesta según algún criterio. La velocidad instantánea del generador es medida a través de un sensor óptico incremental.

Este módulo contiene las ecuaciones y los parámetros necesarios para calcular, en tiempo real, el par motor que la turbina generaría. La salida del módulo es la referencia del par motor que debe ser entregado al eje del generador.

A partir de la realimentación de velocidad se calcula la razón entre la velocidad lineal del viento y la velocidad angular del eje (TSR - Tip Speed Ratio), y a través de la curva característica de la hélice (dada por el fabricante), se obtiene el coeficiente de potencia (C_p).

De la ecuación (Ramos, 94):

$$P = \frac{1}{8} * \pi * \rho * C_p * D^2 * v^3$$

donde:

- ρ es la masa específica del aire,
- C_p es el coeficiente de potencia,
- D es el diámetro de la hélice en m,
- v es la velocidad del viento en m/s,

se obtiene la potencia suministrada por la turbina.

Mediante la velocidad sensada se determina el par instantáneo "teórico", debiendo considerarse entonces la dinámica de la hélice y del actuador (motor de CC), para obtener la referencia del par a ser aplicado en el eje del generador.

MÓDULO ACTUADOR

Este módulo es el encargado de suministrar al generador el par indicado por el Módulo de Simulación de la Turbina. Está compuesto por las siguientes partes:

- Controlador de Par Motor,
- Electrónica de potencia,
- Máquina de Corriente Continua,

como se muestra en la figura 2.

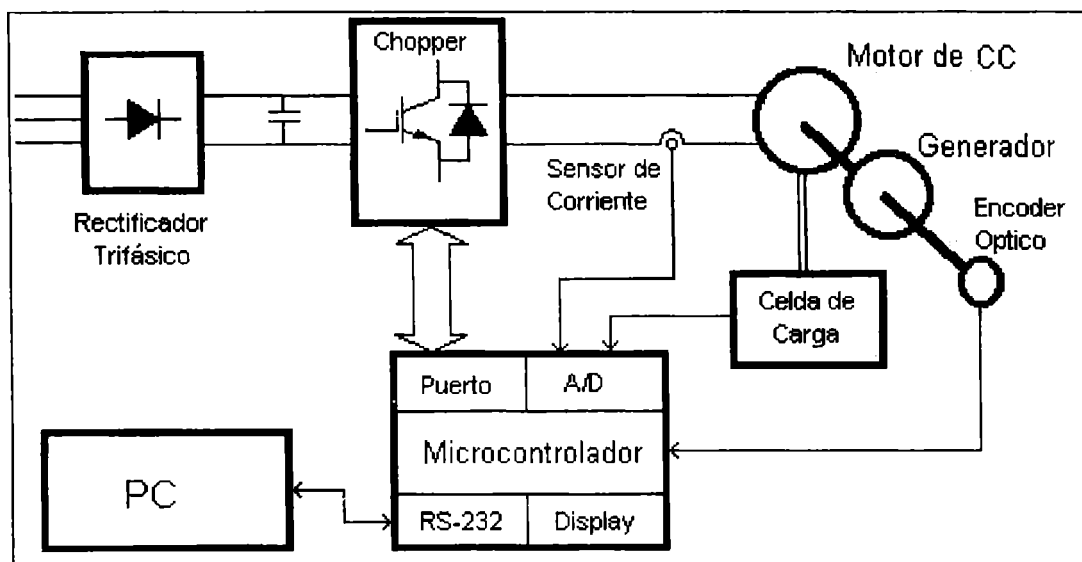


figura 2

Controlador de Par

El controlador es el encargado de generar los comandos necesarios para que el motor siga la referencia de par entregada por el Módulo de Simulación. Para ello mide el par mediante una celda de carga acoplada al motor, la compara con la referencia y genera la señal de control correspondiente, referencia de corriente de armadura del MCC.

Este módulo, basado en un microcontrolador Intel 8031 de 8 bits, cuenta con convertidores analógico-digital para adquirir los valores de corriente de armadura del MCC y el par, salidas digitales para comandar la electrónica de potencia y protecciones.

El sistema se comunica con una PC por medio de un protocolo serial RS 232 por el cual recibe la referencia de par y devuelve las magnitudes necesarias para la supervisión del ensayo (velocidad, corriente de armadura de la MCC, etc.).

De esta forma se puede hacer que la MCC aplique al generador un par variable establecido, tanto positivo (acción como motor) como negativo (acción como generador), de forma tal que se pueda ver la respuesta de éste y de sus sistema de control ante tales variaciones.

Máquina de Corriente Continua

Se utiliza como actuador del banco, una MCC de 5 kW capaz de imprimir en los generadores los requerimientos de par instantáneos especificados por la simulación.

El motor posee un acople de tipo universal que permite acoplar diferentes tipos de generadores.

El montaje de la MCC es de tipo basculante para permitir la medición de par desarrollado a través de una celda de carga.

Electrónica de Potencia

La interface entre el MCC y el Controlador se realiza a través de un circuito de electrónica de potencia que permite manejar la corriente que alimenta al motor. El mismo está constituido principalmente por un puente en configuración H formado por módulos de transistores de tipo IGBTs (1200V, 100A).

MEDICIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS

Se cuenta con sensores e interfaces que permiten medir y adquirir los datos necesarios para analizar los resultados de los ensayos.

Estos datos son almacenados y luego visualizados en la pantalla de una PC. Para la adquisición de datos se utiliza una placa Lab PC+ de National Instruments dedicada a esta tarea y diversos dispositivos auxiliares capaces de adaptar las señales del sistema.

Dentro de los dispositivos auxiliares se cuenta con:

- Sensores de corriente basados en el efecto Hall,
- Sensores de Tensión basados en el efecto Hall,
- Sensor de posición basado en un encoder óptico,
- Sensor de par, basados en una plataforma basculante para maquina de CC y celda de carga.

Para la medición de tensiones y corrientes estos dispositivos cuentan con aislación galvánica.

Los sensores de corriente, tensión, y par son de tipo analógico y su entrada se realiza a través de los conversores A/D de la placa. Las entradas restantes permiten medir otros parámetros de interés según el tipo de ensayo.

El encoder óptico incremental se halla conectado a un circuito electrónico que convierte la señal del mismo en posición y velocidad a través de un formato digital de 16 bits. Esta información se adquiere a través de cualquiera de los tres puertos de 8 bits disponibles en la placa antes mencionada.

ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

Actualmente el sistema se halla en la etapa de experimentación.

Se pretende ensayar diferentes tipos de generadores y controles, comparando las diferentes respuestas dinámicas de los controladores de tensión y frecuencia.

También se pretende realizar ensayos de rendimiento en términos de los kWh/m² de área barrida por una turbina eólica ante diferentes perfiles de viento y diferentes cargas eléctricas. Esto requiere conocer perfectamente el modelo de la citada turbina.

Este sistema permite realizar ensayos con un alto grado de repetitividad en cuanto a condiciones de viento, carga, etc.

La implementación modular del sistema también permitiría emular turbinas hidráulicas para generación eléctrica, simplemente modificando el modelo para la simulación de la fuente de energía.

De los datos obtenidos de los ensayos podrá hacerse una proyección de la energía anual, diaria, etc., extraíble del sistema. De esta manera, se podrá estimar correctamente la amortización, utilidad, costo unitario, etc., de los sistemas ensayados conocidas las características de una turbina y el perfil de viento real de una determinada región.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo financiero de las siguientes instituciones: Fundación Antorchas, la Secretaría de Ciencia y Técnica y el Dpto. de Electricidad y Electrónica de la Universidad Nacional de Río Cuarto y CONICET.

Los autores desean agradecer también la colaboración del Ing. Carlos Maffrand, del Ing. Didimo Zárate y del Sr. Alejandro Cejas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Germanischer Lloyd, Rules and Regulations (1994), Regulation for the Certification of Wind Energy Conversion Systems, *Wind Energy*, Part I, Chapter 1-10.

Jayadev, J. (1995), Harnessing the wind, *IEEE Spectrum*.

Ramos, A. L. (1994), Optimização de Sistemas de Conversão de Energia Eólica, *Presentación de tesis*, Universidad Federal da Paraíba.

Milborrow, D. (1994), Offshore Wind Plans and Developments, *Wind Stats Newsletter*

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EÓLICO EN UNA REGIÓN DE SAN JUAN. ANALISIS ECONOMICO. ETAPA FINAL.

José Luis Rodríguez, Marcelo Ruiz Palma, Ana María Giménez, Mario Guerrero, Esteban Sefair.

Area Energías Alternativas. Instituto de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería. U.N.S.J.
Av. Libertador San Martín 1109 Sur, (5400) - San Juan. Tel.: 211700, int. 320.
Fax: 064-210277. e-mail: jlrodri@unsj.edu.ar.

RESUMEN.

Se plantea en este proyecto la determinación y evaluación del recurso eólico. Se eligió la zona denominada Cuesta del Viento cerca de Rodeo en el departamento de Iglesia. Luego de un extenso análisis económico financiero, se llegó a la conclusión que el proyecto no es viable desde el punto de vista económico. Pero sí lo es, si se efectúa una evaluación que determine el impacto social midiendo los efectos directos e indirectos involucrados.

INTRODUCCION.

La energía eólica constituye una alternativa no contaminante y económicamente viable en la obtención de energía útil. Esta forma de energía solar disipada en forma de viento, es el 2 % del flujo total de energía solar incidente, del orden del $1,50 \times 10^{18}$ kWh/año, y la energía total consumida por la humanidad es del orden del 6×10^{13} kWh/año. No toda la energía del viento es extraíble, solo un máximo del 56 % de ésta ($1,68 \times 10^{16}$ kWh/año). Tampoco podemos aprovechar toda la superficie terrestre para sistemas de conversión de energía eólica, la distribución y densidad del aire tampoco es uniforme, lo que nos limita la acción a algunas zonas o puntos geográficos en los que sí es rentable su transformación para determinadas condiciones socioeconómicas y de infraestructura.

ENERGÍA EÓLICA DISPONIBLE.

A partir de las mediciones de un año, considerando la distribución de frecuencias de Weibull, la potencia disponible por unidad de área es:

$$P_D / A = 0,5 \cdot \rho \cdot \sum_{i=1}^n V_i^3 \cdot P(V_i)$$
$$P_D / A = 385,424 \cdot W / m^2$$

También se puede representar la energía eólica media disponible en kWh/m² anuales:

$$E_D / A = 3376,321 \cdot kWh / m^2$$

CÁLCULO DEL POTENCIAL EÓLICO EXTRAÍBLE.

La energía eólica extraíble difiere de la disponible, solo por el factor "C_P", llamado coeficiente de potencia que representa la eficiencia del rotor de una turbina eólica. Relacionando la curva de potencia de la máquina con la de distribución de frecuencias de clases de viento se determina para éste un valor de 0,2.

$$P_E / A = C_P \cdot P_D / A$$
$$P_E / A = 77,08 \cdot W / m^2$$

Por lo tanto la energía eólica anual media extraíble es:

$$E_E / A = 675,26 \cdot kWh / m^2$$

Adoptando un aerogenerador comercial de 125 kW con un diámetro de rotor de 23 m, el área barrida por las palas es:

$$A = 415,50 \cdot m^2$$

Por lo tanto la potencia eléctrica generada por el molino elegido es: $P_E = 32 \cdot kW$

De acuerdo a la demanda promedio del subsistema Rodeo de 730 kW y para una sustitución probable del 25 % de la generación térmica por eólica, se determina en primer instancia la instalación de 6 generadores de una potencia instalada máxima de 125 kW cuya factibilidad técnica económica se detallará a continuación.

EVALUACIÓN ECONÓMICA .

El problema económico fundamental, que todos los países enfrentan, es la asignación eficiente de los recursos limitados (mano de obra, capital, divisas y recursos naturales) frente a una gran diversidad de usos alternativos, de tal manera que dicha asignación maximice el beneficio de la sociedad. Basándonos en esta premisa es necesario, para el tipo de proyecto que nos ocupa, tomar en consideración una serie de aspectos, entre los cuales los más importantes son:

- crecimiento del consumo energético previsto para la provincia
- preservación de la calidad del medio ambiente
- creación de empleo
- adopción y utilización de nuevas tecnologías.

Lo que se desarrolla a continuación es la información básica que nos permite conocer los costos y beneficios del parque eólico planificado, haciendo mención de los parámetros que más significativamente influyen en la toma de decisiones respecto de la realización del proyecto. Estos temas son de especial importancia, pues en definitiva, son los resultados de la evaluación económica y el impacto social los que van a decidir la ejecución o no del proyecto.

Para poder determinar el costo de la inversión en el proyecto, éste se dividió en los siguientes ítems:

Inversión necesaria:

- generadores eólicos
- líneas eléctricas
- transformadores
- sistemas de control
- obra civil

1.- Inversión en generadores eólicos:

La inversión en este ítem está condicionada entre otras variables, por el tamaño de las máquinas a instalar para alcanzar un nivel de potencia determinado. El mercado de máquinas actualmente se desarrolla en el entorno de 100 a 1000 kW, para las cuales no se observan grandes economías de costos por unidad de potencia, por lo que se puede utilizar, con pequeños márgenes de error, como valor intermedio U\$S 1000 por kW instalado. Para nuestro caso, como la potencia es del orden de los 192 kW en función del potencial eólico de la zona, con una pretensión de instalar 6 equipos de 125 kW de potencia, entonces la inversión necesaria en equipos es de:

$$\text{Inversión en equipos} = 6 * 125 \text{ kW} * 1000 \text{ U\$S/kW} = \text{U\$S } 750.000$$

2.- Inversión en líneas eléctricas: U\$S 21.000

3.- Inversión en transformadores: U\$S 27.000

4.- Inversión en sistemas de control: U\$S 39.750

5.- Inversión en obra civil: U\$S 13.000

$$I_0 = \text{Inversión necesaria} = \text{U\$S } 850.750$$

Gastos de operación y mantenimiento:

Entre los gastos operativos y de mantenimiento se incluyen las horas hombres e insumos necesarios para la inspección rutinaria del sistema, cambios de aceite de las cajas de engranajes multiplicadores de velocidad, verificación de los parámetros operativos, simulación de fallas, pérdidas en los sellos de estanqueidad de los sistemas hidráulicos, etc. Existen dos metodologías de uso frecuente para la estimación de estos costos: como un porcentaje de la inversión total, por año, o bien se puede calcular como un valor en U\$S por kW generado. Estos valores a considerar dependen del tipo de máquina y de la experiencia del fabricante. En nuestro caso se utilizó como metodología la experiencia dada por un gran número de fabricantes europeos que asignan para gastos de operación y mantenimiento un costo de 0,006 U\$S por kW hora de generación, con un escalamiento del 1% anual durante la vida útil del proyecto.

Ingresos del proyecto:

Para poder determinar los ingresos primero se debe realizar una estimación respecto de la capacidad anual de generación del parque, quedando como se muestra:

$$E_{ga} = \text{Energía generada anualmente} = 24 \text{ hs/día} * 365 \text{ días} * 32 \text{ kWh} * 6 \text{ gen.}$$

$$E_{ga} = 1.681.920 \text{ kWh}$$

Respecto del precio de la energía, se consideró un valor promedio equivalente al costo de la energía para una empresa distribuidora ubicada en la Provincia de San Juan, tomando como referente el precio de barra de una estación.

$$P_e = \text{Precio de venta de la energía producida} = 0,0342 \text{ U\$/kWh}$$

Por lo tanto el ingreso promedio anual previsto para el parque queda como sigue:

$$I_{pa} = \text{Ingreso promedio anual} = E_{ga} * P_e = 1.681.920 \text{ kWh} * 0,0342 \text{ U\$/kWh}$$

$$I_{pa} = \text{U\$} 57.521,6$$

Costo del proyecto por kw instalado y de la electricidad generada:

En lo referente al costo del proyecto por kW instalado, el cálculo resulta de dividir el costo total del proyecto (I_0) respecto de su capacidad de generación nominal, entonces:

$$\text{Costo por kW instalado} = \text{U\$} 850.750 / (125 \text{ kW} * 6)$$

$$\text{Costo por kW instalado} = 1134 \text{ U\$/kW}$$

En el cálculo del costo de la electricidad generada se ha utilizado el método llamado "EPRI TAG". Este método considera el valor presente de la inversión total y calcula los flujos de gastos en el tiempo, repartiendo los mismos en cuotas iguales todos los años. Es decir, convierte flujos de gastos desiguales en flujos constantes equivalentes. En su forma simplificada adaptada a nuestro caso, su expresión es la siguiente:

$$CEG = FG \frac{CI}{8.760 * FC} + (O + M)$$

CEG = costo de la energía generada.

CI = costo de la inversión por kW instalado.

FG = factor o cargo Para nuestro caso es igual a 1.

FC = factor de fijo de gastos. Este considera un valor presente de los servicios de la deuda, retorno de capital, tasas de interés y seguros. capacidad las máquinas.

O+M = costos directos de operación y mantenimiento por unidad de energía (U\\$/kWh).

Esta ecuación no nos. Es la relación entre la energía promedio producida en el año y la que se hubiera producido a la potencia nominal de brinda un costo actual de generación, pero si da una aproximación a un costo nivelado, resultando un dato muy útil para realizar comparaciones con distintas tecnologías o fuentes de generación.

Cálculo del período de recuperación de la inversión:

$$CEG = \frac{1.134 \text{ U\$/kW}}{8.760 \text{ h} * 0,4} + 0,006 \text{ U\$/kWh} = 0,33 \text{ U\$/kW}$$

El estudio de factibilidad de una planta de generación eólica es necesario, al igual que en otros proyectos, para poder determinar en que período de tiempo el dinero percibido en concepto de venta de la energía excede los costos totales de la inversión y de la operación de la planta. Entonces:

$$RC = \frac{I_0}{(E_{ga} * P_e) - (O + M)}$$

RC = retorno del capital de inversión en años.

I_0 = costo de la inversión en U\$.

P_e = precio de venta de la energía.

O+M = gasto anual de operación y mantenimiento en U\$.

$$RC = \frac{\text{U\$}850.750}{1.681.920 \text{ kW} * (0,034 \text{ U\$/kW} - 0,006 \text{ U\$/kW})} = 18 \text{ años}$$

Este valor nos indica un período de recuperación de la inversión, que comparado con la vida útil del proyecto, que es del orden de los 30 años, hace que este se convierta en un proyecto muy sensible respecto de la variación de los factores relacionados con el precio de la energía y los costos en dólares de operación y mantenimiento, ya que cualquier cambio en estos influye fuertemente en el período de recuperación del capital.

Valor actual neto:

Para los proyectos de generación mediante energías alternativas, desde la óptica de la evaluación económica, es prioritaria la relación costos/beneficios, a efectos de poder determinar si los ahorros en los costos de generación respecto de sistemas tradicionales hacen atractiva la inversión. Este análisis debe hacerse en función de tres componentes fundamentales:

- el valor del dinero en el tiempo
- período de duración del proyecto
- la relación costos/beneficios del proyecto

Para el caso que nos ocupa, la metodología utilizada para calcular la rentabilidad del proyecto es la del Valor Actual Neto, que actualiza los Flujos Netos de Caja y todas las salidas requeridas, de manera tal que el exceso de valor obtenido permite: recuperar la inversión, remunerar los recursos necesarios y ofrecer un excedente a los inversores. Reflejando esto en una expresión matemática:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FNC_j}{(1+i)^j}$$

en donde:

VAN = valor actual neto o valor presente de una cantidad a percibir durante j años.

I_0 = inversión necesaria para realizar el proyecto.

FNC = flujos netos de caja o de efectivo que genera el proyecto.

i = tasa de corte.

j = vida útil del proyecto.

Para el proyecto que nos ocupa, las consideraciones efectuadas son las siguientes:

I_0 = U\$S 850.750

i = 9,6 % anual

j = 30 años

FNC = surgen de las diferencias entre ingresos y costos del proyecto para los años considerados.

Los gastos de operación y mantenimiento tienen un escalamiento anual del 1%.

Año	0	1	7	15	21	26	30
Inversión	(850750)						
Ingr. del Proy.		57521,6	57521,6	57521,6	57521,6	57521,6	57521,6
Costos y Gastos		8410	8915	9587	10092	10512	10849
FNC	(850750)	49111,6	48606,6	47934,6	47429,6	47009,6	46672,6

Flujos Netos de Caja en U\$S - Años selectos

VAN = -389.875 U\$S

CONCLUSIONES.

Este valor del VAN nos indica que el proyecto no es rentable desde la perspectiva económica, lo que no implica que no pueda llevarse a cabo ya que, por el tipo de proyecto que es, se contrasta la evaluación económica con la evaluación social del proyecto. Por lo tanto se considerará, para esta región, la posibilidad de instalar sistemas de menor potencia (10 a 30 kW) conformando sistemas autónomos que puedan abastecer a pequeñas comunidades aisladas.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1- "Política Energética". Martín Czakainski. Konrad Stiftung y "Uso directo de la Energía Solar". Farrington Daniels.
- 2- "Información estadística sobre el viento" editada por el Servicio Meteorológico Nacional.
- 3- "Working Group Report on Wind Energy" from "An Action Plan for Renewable Energy", Madrid 1.994.
- 4- "Recursos Energéticos Renovables: Oportunidades y Obstáculos 1990-2020", World Energy Council (1993).
- 5- Ponencias de las "Jornadas de Energía Eólica en el Sur de Europa", El Puerto de Santa María (Cádiz), 1.993.
- 6- New Renewable Energy Resources. Kogan Page.
- 7- Cohen, Schweizer, Hock, Cadogan. " Proceeding Wind Power'89.
- 8- "Foro Sinergia".Braconi, Mattio. Noviembre '96.
- 9- "Evaluación de Proyectos". P.N.U.D. 1995.

LAGO MARI MENUCO. PARTE I: CARACTERIZACION DEL RECURSO EOLICO.

Claudia PALESE y Jorge Luis LASSIG

Fac. Ingeniería - Univ.Nac.del Comahue
Buenos Aires 1400 (8300) Neuquén
palese@uncoma.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo describe los resultados obtenidos a partir de un año de mediciones de velocidad y dirección del viento a un sólo nivel (4 m de altura) a 100 m aguas adentro del lago artificial Mari Menuco (Complejo Cerros Colorados), como una primera evaluación de la potencia eólica y el régimen de viento en los perilagos de la región. Dicha campaña de observaciones resulta como consecuencia de la falta de información meteorológica de la zona de interés. Se realiza un análisis estadístico a los datos, se determina la función de densidad de probabilidad y además se cuantifica la rafagosidad.

INTRODUCCION

La Patagonia se caracteriza por ser un lugar de gran potencial eólico, pero la energía disponible está asociada a la alta rafagosidad en sus vientos, poniendo un límite a su aprovechamiento debido a la tecnología de las máquinas conversoras o aerogeneradores [1].

La existencia de grandes lagos naturales y artificiales en la Región del Comahue, hace sospechar que los vientos que atraviesan esos espejos de agua deberían tener una componente menor de rafagosidad, al menos en la parte baja de la capa límite atmosférica, donde la rugosidad del terreno juega un rol importante, haciendo posible la utilización de aerogeneradores de poca/mediana potencia, de tecnología disponible. A este fin, el presente trabajo, es un primer intento por cuantificar este efecto.

DESCRIPCION DEL LUGAR, INSTRUMENTAL Y DATOS

El lago está rodeado por bardas (escalón de la meseta), habiendo una diferencia de altura entre el nivel del lago y el de la barda de unos 50 m aproximadamente. La zona se encuentra a 400 km al este de la Cordillera de los Andes, en la típica meseta norpatagónica, en la provincia del Neuquén.

En sus orillas se encuentran emplazados 7 clubes, dentro de uno de estos, en uno de sus muelles de 100 m de longitud, se instaló en su extremo una estación meteorológica automática (38° 32' 24,4" S, 68° 33' 27,5" W, 454 m snm). Los sensores se hallan instalados a 4 m de altura (debido a las disponibilidades físicas), habiendo algunas fluctuaciones debidas a los cambios de nivel del embalse.

Se tomaron mediciones entre otros parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento cada 15 minutos, registrando la velocidad media, la velocidad máxima y la dirección del viento del intervalo de medición. El período está comprendido entre JULIO/96 y JUNIO/97, es decir, un año con algunos días faltantes.

El anemómetro utilizado es un instrumento mecánico-electrónico cuya sensibilidad es de 0,4 m/s para la intensidad del viento (medido con copelas) y de un grado para la dirección (medida con veleta) pero registrada cada 22,5° (16 rumbos).

METODOLOGIA

La información necesaria para caracterizar el recurso eólico está basada en el análisis de datos observacionales recogidos de la zona de interés. La distribución de frecuencias de la velocidad media del viento observada a 4 m de altura para el período anual se muestra en la figura 1. También se incluye en dicha figura la distribución de frecuencias teórica o función de densidad de probabilidad Weibull II [2, 3]

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]; v > 0 \quad (1)$$

donde v es la velocidad media del viento, k es el factor de forma y c es el parámetro de escala. Esta distribución

biparamétrica fue ampliamente usada para describir datos de viento en diferentes lugares de la Patagonia [4]. Los parámetros k y c que se presentan en la figura 1 fueron calculados mediante el minimizado del error cuadrado medio entre la función de distribución acumulada teórica (ecuación 2) y la correspondiente a las frecuencias observadas [5].

$$F(v) = P(v \leq V_x) = \int_0^{v_x} f(v) dv = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v_x}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

Para ello la ecuación 2 se transforma a la forma lineal

$$Y_i = a + b X_i \quad (3)$$

siendo

$$X_i = \ln v_i \quad (4)$$

donde v_i es la marca de clase de los intervalos seleccionados

$$Y_i = \ln[-\ln(1 - P_i)] \quad (5)$$

Los coeficientes a y b se pueden obtener por cuadrados mínimos y los parámetros de Weibull obtenerse a partir de

$$c = \exp\left(-\frac{a}{b}\right) \quad (6)$$

$$k = \frac{1}{b} \quad (7)$$

En el caso de estudio se tomaron para el cómputo de los parámetros de la recta valores de velocidad mayores a 0,9 m/s, puesto que debido a la sensibilidad del instrumental los valores correspondientes a velocidades inferiores a la citada se encuentran sobreestimadas, por lo que no es conveniente tenerlas en cuenta. Por otra parte los valores mayores que 18,0 m/s tampoco fueron utilizados para el cálculo de la recta puesto que presentan muy baja frecuencia.

El conocimiento de la probabilidad de ocurrencia de cada velocidad del viento en el lugar de estudio, es uno de los elementos fundamentales en el cálculo de la disponibilidad del recurso eólico. La potencia meteorológica disponible es equivalente al flujo de energía cinética de la masa de aire en movimiento a través de una superficie perpendicular a ésta. Esto es

$$Pot = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} f(v) v^3 dv \quad (8)$$

donde Pot es la potencia meteorológica disponible por área y ρ es la densidad media del aire del lugar.

Con el objetivo de caracterizar el régimen general del patrón de vientos también se construyó la distribución de frecuencias acumuladas normalizadas, en la que a cada intensidad del viento se la dividió por el promedio anual; la rosa de los vientos de frecuencias y la correspondiente a las intensidades.

Por otra parte la respuesta dinámica de una estructura ingenieril, cualquiera sea ésta, a las componentes fluctuantes del viento, particularmente en las frecuencias en que se presenta resonancia en las mismas, es más importante que el efecto cuasi estático del valor de la ráfaga máxima, que siempre se toma como un valor de diseño de referencia. Debido a que las observaciones meteorológicas convencionales no tienen la resolución temporal necesaria para estimar la rafagosidad en períodos cortos, es necesario establecer una relación entre la velocidad media del viento en un período largo T y la máxima velocidad media del viento en subperíodos más cortos δt de interés para los cálculos de diseño. Por ello se utiliza el factor de ráfaga definido como [6]

$$G(\delta t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\langle v \rangle_{\delta t}}{\langle v \rangle_T} \quad (9)$$

donde $\langle \rangle$ es el operador de promedio temporal, δt y T son los intervalos de promediado y N es la cantidad de datos. En la figura 6 se ha insertado el valor teórico encontrado por Cook para G como una función de δt para $T = 1$ hora, longitud de rugosidad $z_0 = 0,003$ m y una altura sobre el suelo $z = 10$ m. [7]

RESULTADOS

El promedio anual de velocidad del viento fue de 3,4 m/s. La mínima velocidad media mensual ocurrió con 1,8 m/s (Junio/96) mientras que el máximo fue de 4,3 m/s (Febrero/97), dado que se está analizando un año en particular existen diferencias en cuanto al momento de ocurrencia de estos mínimos y máximos, que contando con un período más largo de información, por ejemplo 30 años incluido en las estadísticas meteorológicas [8, 9, 10], se tendría que dichos extremos se presentan en Julio y Diciembre respectivamente. Del análisis mensual se observa que solamente en Febrero se sobrepasa la velocidad de 18,0 m/s aunque su frecuencia es baja. La figura 1 muestra las frecuencias observadas, construida con intervalos de clase de 0,9 m/s, en donde la moda se ubica en el intervalo de velocidades que están entre 1,0 y 1,8 m/s, valor que difiere de la media. Para el cálculo de la distribución teórica de Weibull II se utilizaron $N = 27224$ datos (igual al total de la serie menos las calmas).

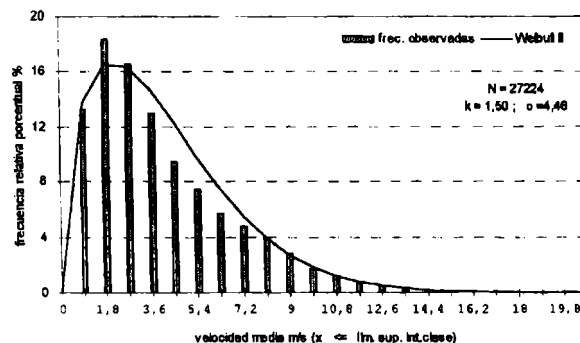


Figura 1: distribución de frecuencias relativas porcentuales de la velocidad media del viento a 4 m de altura y distribución teórica de Weibull II junto con sus parámetros c de escala y k de forma.

Los valores calculados de k y c para la distribución de frecuencias anual fueron de $c = 1,50$ m/s y $k = 4,46$. Cuando se realiza el cómputo mensual estos parámetros varían entre $1,22$ m/s $\leq c \leq 1,98$ m/s y $3,01 \leq k \leq 5,83$.

La figura 2 representa la potencia meteorológica anual calculada mediante la ecuación 8, en función de los intervalos de clase seleccionados en la figura 1. Se aprecia que la mayor potencia disponible se encuentra entre los intervalos que van de 8,1 a 9,9 m/s. La potencia media anual calculada para esta zona es de 445 Watt/m², para el período estudiado.

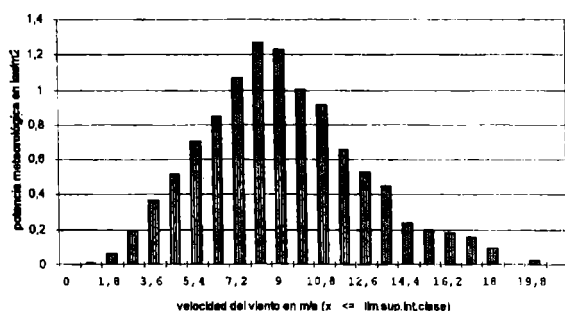


Figura 2: distribución de la Pot meteorológica anual disponible en función de la intensidad del viento.

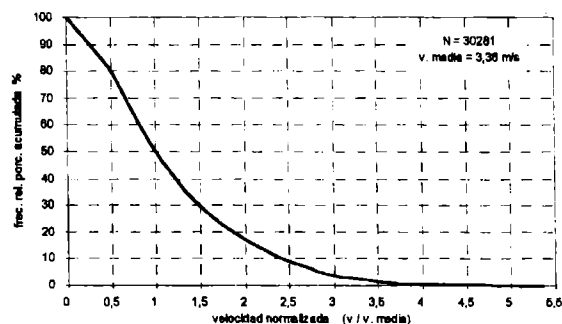


Figura 3: frecuencias acumuladas normalizadas, también llamada curva de duración.

La figura 3 presenta las frecuencia porcentuales acumuladas normalizadas. En ella se aprecia que el 50% de las horas la velocidad del viento corresponde al valor del promedio anual (3,4 m/s), mientras que el 30 % de las veces la velocidad del viento supera el límite de confort eólico de 5 m/s.

La distribución de frecuencias relativas porcentuales anuales de la dirección del viento registradas en la Villa Mari Menuco se presenta en la figura 4 en la que se aprecia que la dirección más frecuente es el oeste, siendo también la de mayor intensidad asociada con 6 m/s de promedio (figura 5).

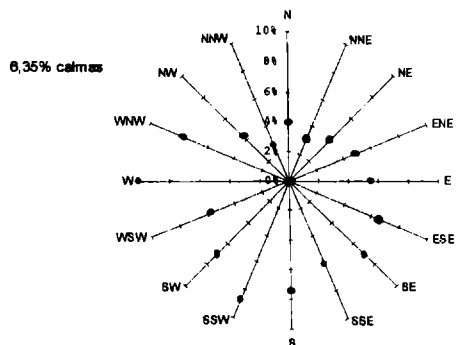


Figura 4: rosa de los vientos de frecuencias porcentuales.

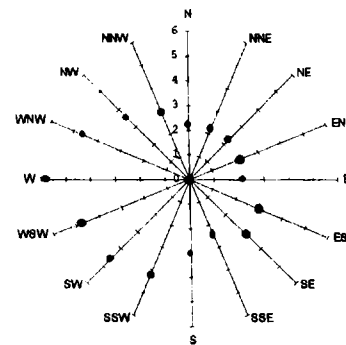


Figura 5: rosa de los vientos de intensidades expresadas en m/s.

Las frecuencias del oeste-noroeste y del noroeste presentan sus máximos durante el otoño y el invierno, mientras que las frecuencias del sudoeste y del oeste-sudoeste se incrementan durante la primavera y el verano. Este patrón de comportamiento es el observado en la región patagónica [11].

En la figura 6 se aprecia que el factor de ráfaga G calculado para el lugar de estudio y distintos δt resultan en algunos puntos un poco superior al teórico encontrado por Cook pero son inferiores a los calculados en Pampa del Castillo (Chubut) [11] lo que indicaría que la zona de interés resulta menos rafagosa, y esto se debe a las distintas condiciones de rugosidad del terreno.

CONCLUSIONES

La meseta patagónica es una de las regiones del planeta con más posibilidades de producción de energía eólica debido al régimen de vientos que la caracteriza. En su zona noroeste, existen grandes lagos artificiales, producto de los aprovechamientos hidroeléctricos. El trabajo aquí desarrollado permite estimar la potencia meteorológica disponible, como así también caracterizar el régimen de vientos y su rafagosidad.

Las distribuciones de frecuencias de la velocidad media del viento y de su dirección observadas se ajustan bien a los valores climatológicos disponibles para estaciones meteorológicas cercanas al lugar de estudio.

La velocidad media anual para el período comprendido entre JULIO/96 a JUNIO/97 fue de 3,4 m/s con dirección predominante del oeste. Las direcciones entre el oeste y el suroeste resultaron las más intensas en promedio, con un valor máximo de 6 m/s para el oeste.

Las estaciones del año más ventosas resultaron la primavera y el verano con 3,9 m/s. Estos bajos valores de velocidad media del viento se debe a que las mediciones corresponden a una altura de 4 m, actualmente se está realizando mediciones tendientes a establecer la estructura de la capa límite atmosférica para poder establecer los valores de velocidad media a un nivel superior a los 50 m de altura.

El estudio del factor de ráfaga da como resultado valores bastante parecidos a los teóricos encontrados por Cook y menores a los medidos en la meseta Patagónica, confirmando la hipótesis asumida. Otro factor importante es la continuidad del viento, aunque débil pero suficiente para mantener encendido un aerogenerador. Esto se debe en parte a la existencia de un débil efecto de "brisa de lago" [12].

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo se realizó con subsidios de la Universidad Nacional del Comahue. Los autores agradecemos a las autoridades del Club Deportivo de Caza, Pesca y Náutica Mari Menuco por permitirnos instalar la estación meteorológica automática en instalaciones de su Villa.

REFERENCIAS

- [1] LASSIG J.L., 1995: Importancia de la cuantificación de las ráfagas en los mapas de potencial eólico. *Anales II Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de Energía Eléctrica*. Mar del Plata, Argentina, 1-5.
- [2] HENNESSEY J., 1977: Some aspects of wind power statistics. *J. of Applied Meteorology*, **16**, 119-128.
- [3] TULLER S.E. y BRETT A.C., 1984: The characteristics of wind velocity that favor the fitting of a Weibull distribution in wind speed analysis. *J. Clim. Appl. Meteorology*, **23**, 124-134.
- [4] BARROS, V. R., 1983: Evaluación del potencial eólico de la Patagonia. *Meteorológica*, **XII** N° 1 y 2, 473-484.
- [5] JUSTUS C.G., HARGRAVES W.R., MIKHAIL A.S. y GRAVER D., 1977: Methods for estimating the wind speed frequency distributions. *J. Applied Meteorology*, **17**, 673-678.
- [6] KRAYER W.R. y MARSHALL R.D., 1992: Gust factors applied to hurricane winds, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **73**, 613-617.
- [7] COOK N.J., 1985: *The designer's guide to wind loading of building structures*, Part 1, Butterworths, 371 pp.
- [8] SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, ARGENTINA., 1981: *Estadística Climatológica 1961-1970*. B, 35, 188pp.
- [9] —, 1986: *Estadística Climatológica 1971-1980*. B, 36, 169pp.
- [10] —, 1992: *Estadística Climatológica 1981-1990*. B, 37, 750pp.
- [11] LABRAGA J.C., 1994: Extreme winds in the Pampa del Castillo plateau, Patagonia, Argentina, with reference to wind farm settlement. *J. of Applied Meteorology*, **33**, 85-95.
- [12] PALESE C., LASSIG J.L. y TORRES A., 1997: Características del oleaje en el lago Mari Menuco. *Informe Avance Proyecto UNC - FI*.

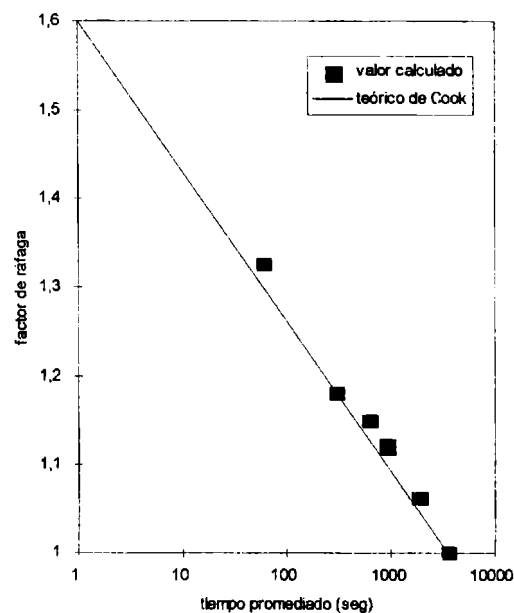


Figura 6: Factor de ráfaga medio G como una función del intervalo promediado δt .

IMPLEMENTACIÓN DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS EN UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MEDICIONES DE VIENTO

Ing. Rafael B. Oliva

Centro de Investigación
Universidad Nacional de la Patagonia Austral
Lisandro de la Torre 1070, 9400 Río Gallegos, Argentina
TE 0966 42319 Int 22 ó TE/FAX 0966 31081
email: roliva@ufparg.edu.ar

RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema de adquisición de datos de viento en intensidad y dirección, que implementa cálculos estadísticos y puede cumplir fines didácticos. En el presente trabajo se discute, luego de una introducción a la estadística de Weibull, la utilización de los algoritmos y el análisis de los datos obtenidos. El sistema está basado en un microcontrolador 80C535 y programas de soporte en PC. El prototipo ha cumplido un año de funcionamiento satisfactorio con sensores calibrados NRG, montados en una torre a 10m de altura en la sede de la UNPA. Se calculan internamente promedios y desvíos standard de velocidad, como así también histogramas. Los datos pueden ser transferidos a PC por un port RS232 en diferentes formatos, y son analizados a través de un programa basado en un lenguaje tipo visual (VBA) y planillas electrónicas. Se muestran comparaciones de las mediciones realizadas con estaciones automáticas comerciales instaladas en la zona.

TEORÍA DE LAS DISTRIBUCIONES DE WEIBULL

La medida más usual de la intensidad del viento es la media de velocidad anual en un sitio $\langle V \rangle$ [m/s]. Su definición puede expresarse como la esperanza matemática de la función de variable aleatoria v , dada por:

$$\langle V \rangle = \int_0^{\infty} v f(v) dv \quad (1)$$

En general la distribución de probabilidad del viento, o *función densidad de probabilidad* $f(v)$ no es conocida para el lugar particular donde se mide, y es necesario determinar una aproximación mediante una serie temporal de mediciones y una distribución de frecuencias f_i discretas. La experiencia muestra (Molly, 1990 ; Jamil, 1995) que las distribuciones experimentales de viento pueden ajustarse adecuadamente con una distribución de Weibull-II, según la fórmula:

$$f_w(v) = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\frac{v}{A}\right)^k \quad (2)$$

La distribución indicada tiene dos parámetros, el factor de escala A (ó c) en [m/s] y el factor de forma k adimensional. La probabilidad de que el viento para ésta distribución esté entre dos valores V_x y V_y está dada por la *probabilidad acumulativa equivalente*:

$$P(V_x \leq V \leq V_y) = \int_{V_x}^{V_y} f_w(v) dv = \exp\left(-\frac{V_x}{A}\right)^k - \exp\left(-\frac{V_y}{A}\right)^k \quad (3)$$

donde se usa la función $F(V) = 1 - \exp\left(-\frac{V}{A}\right)^k$ que cumple $dF(V)/dv = f_w(v)$. para el cálculo de la media $\langle V \rangle$ [m/s] con $f_w(v)$ se puede reemplazar la expresión de la siguiente manera:

$$\langle V \rangle = \int_0^{\infty} v \left(\frac{k}{A}\right) \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\frac{v}{A}\right)^k dv \quad (4)$$

y utilizar el cambio de variable $z = \left(\frac{v}{A}\right)^k$ para escribir:

$$\langle V \rangle = \int_0^{\infty} \left(Az^{\frac{1}{k}}\right) e^{-z} dz = A \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5)$$

donde se ha utilizado la función gamma usual, definida por:

$$\int_0^{\infty} z^{x-1} e^{-z} dz = \Gamma(x) \quad ; \quad \text{Función tabulada} \quad (6)$$

En Molly (1990) se da la siguiente aproximación para la expresión de $\langle V \rangle$ para realizar estimaciones sin recurrir a tablas de $\Gamma(x)$:

$$\langle V \rangle \cong A \left(0.568 + \left(\frac{0.434}{k}\right)^{1/k} \right) \quad (7)$$

La velocidad del viento puede considerarse como una superposición de una velocidad media $\langle V \rangle$ y una componente instantánea turbulenta, cuya medida usual es la desviación standard σ_v . También se utiliza con frecuencia el factor

adimensional $S = \sigma_v / \langle V \rangle$, a veces designado *IT* por "intensidad de turbulencia" (DEWI, 1993). La desviación estándar es la raíz positiva de la *varianza*, que para distribuciones de probabilidad de viento conocidas puede escribirse:

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (v - \langle V \rangle)^2 f(v) dv \quad [m^2/s^2] \quad (8)$$

En el caso de la distribución de Weibull, tenemos que:

$$\sigma_w = A \left[\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [m/s] \quad (9)$$

y por lo tanto el factor *S*, intensidad de turbulencia, puede definirse de la siguiente manera.

$$S = \frac{\sigma_w}{\langle V \rangle} = \left[\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)^{-1} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad [] \quad (10)$$

ALGORITMOS UTILIZADOS

Para la obtención de $\langle V \rangle$ en base a mediciones reales, se realizan aproximaciones a través de muestras. Los algoritmos para el cálculo de promedios y cuadrado de desvío standard utilizados (Akai, 1994) proporcionan un instrumento más eficiente que las fórmulas clásicas y disminuyen los requerimientos de almacenamiento en el microcontrolador. Para analizar su fundamentación, consideramos una sucesión de muestras x_j , y escribimos promedios de las primeras j , $j-1$ muestras como sigue:

$$A_j = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_j}{j}; \quad A_{j-1} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{j-1}}{j-1}; \quad (11)$$

En base la expresión anterior, se cumple que

$$jA_j = (j-1)A_{j-1} + x_j \quad (12)$$

y por lo tanto

$$A_j = ((j-1)A_{j-1} + x_j) / j \quad (13)$$

lo cual da el promedio como función de los valores previos almacenados y de la nueva muestra x_j . Para nuestro caso de muestras de velocidad de viento, el valor máximo de j ocurre al cumplirse el tiempo prefijado por software para la muestra, por ejemplo 10 minutos. En ese momento se almacena $A_{j_{\max}} = \langle V \rangle_{10}$.

Para la varianza de una muestra de n elementos, cuya media es A , puede escribirse:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n x_j^2 - nA^2 \right] \quad (14)$$

lo cual implica que para las primeras j muestras

$$s_j^2 = \frac{1}{j-1} \left[\sum_{k=1}^j x_k^2 - jA_j^2 \right] \quad (15)$$

y las siguientes relaciones son válidas:

$$(j-1)s_j^2 = \left[\sum_{k=1}^j x_k^2 - jA_j^2 \right]; \quad (j-2)s_{j-1}^2 = \left[\sum_{k=1}^{j-1} x_k^2 - (j-1)A_{j-1}^2 \right] \quad (16)$$

Operando sobre ambas expresiones, se llega a que:

$$s_j^2 = \frac{1}{j-1} \left[(j-2)s_{j-1}^2 + \left(\frac{j}{j-1} \right) (x_j - A_j)^2 \right] \quad (17)$$

Este valor es también almacenado al final de cada período de muestreo, como $s_{j_{\max}}^2$.

TÉCNICA DE MEDICIÓN

El prototipo C2 construido implementa las mediciones de $\langle V \rangle$ como promedios de velocidades muestreadas, almacenando al final de períodos seleccionados (en general 10 o 20 minutos) dichos promedios y su varianza σ^2 utilizando los algoritmos mencionados. A la vez clasifica todas las mediciones de velocidad en un histograma, que se denominó de muestras instantáneas, y la información de dirección de viento. Los sensores utilizados fueron un anemómetro (provisto con coeficientes de calibración) y una veleta potenciométrica, ambos de marca NRG.

El anemómetro provee una salida eléctrica pulsante, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro. A su vez, dicha velocidad de giro está directamente relacionada con la velocidad del viento. Los fabricantes proveen coeficientes de calibración en caso de instrumentos de calidad, que permite relacionar la frecuencia de la señal con el viento mediante una ecuación lineal.

La medición de intensidad de viento en m/s se basa en nuestro caso en la medición del periodo de la señal del anemómetro (figura 1. (1)), que contiene una salida pulsante a partir un sensor de efecto Hall, y la derivación posterior de la frecuencia. Se realiza un promedio del tipo *running average* en las cuatro últimas mediciones de periodo (figura 1, (2)), para emular un filtro de paso bajo de primer orden y de constante de tiempo variable. El espectro de frecuencia de las mediciones de viento está concentrado en 10^{-3} Hz (Buehring, 1981) y tiene poca energía por encima de 1Hz , haciendo posible éste método para eliminar ruido sin afectar significativamente la información adquirida. Los periodos son almacenados en palabras de 32 bits, y el cociente para la determinación de la frecuencia (figura 1, (3)) se realiza con algoritmos de punto flotante IEEE de 32 bits provistos por el compilador de lenguaje C utilizado. La resolución n [bits] de la medición de frecuencia por este método (Williamson, 1985) requiere una resolución de m bits en la medición del periodo, según:

$$m \geq n + \frac{\ln\left(\frac{f_{max}}{f_{min}}\right)}{\ln 2} \quad (18)$$

En nuestro caso, la resolución en periodo requerida para una frecuencia máxima de 100Hz y mínima de 1Hz, es de 14,9 bits para una resolución de 8 bits en f . Como se utiliza un contador de 16 bits aumentado para el conteo de periodo (Señal base de 500kHz) la resolución es mejor que 9 bits. Los algoritmos estadísticos descritos por las ecuaciones (19-22) se implementan sobre las muestras de V después de la ecuación de calibración (figura 1, (4)). Asimismo, se clasifican todas las muestras de V en un histograma interno (Akai, 1994; Gasch 1990) implementado con contadores de 32 bits, con una resolución de 1m/s.

El prototipo C2 está basado en un microcontrolador Siemens 80C535, y consiste de a) una placa CPU, que contiene el microcontrolador, 32KB de RAM estática, 32KB de EPROM y la interfase RS232 para comunicarse con la PC, b) una placa de adaptación de señales analógicas y de pulsos, provenientes del anemómetro y de la veleta, así como de la tensión de la batería de 12V asociada a la fuente de alimentación del sistema, c) un display alfanumérico de cristal liquido (LCD) de 1 línea y 16 caracteres, d) una placa que unifica el teclado de 4 contactos y un sencillo calibrador de señales, para realizar las pruebas, que toma como referencia la frecuencia de 50Hz de la línea, y e) una placa que contiene a la fuente de alimentación de línea (220V CA), y un conjunto fuente-cargador para una batería de 12V, que provee energía en casos de fallas de línea. El cargador está limitado a una corriente de 180mA, y tiene como finalidad compensar la autodescarga de la batería. Podemos ver un diagrama de la configuración de éste prototipo en la figura 2. El sistema funciona satisfactoriamente desde octubre de 1995.

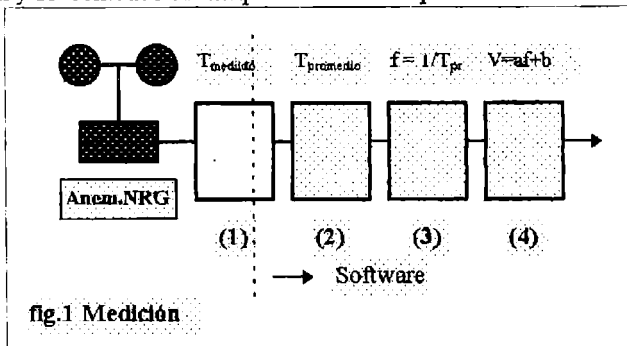


fig.1 Medición

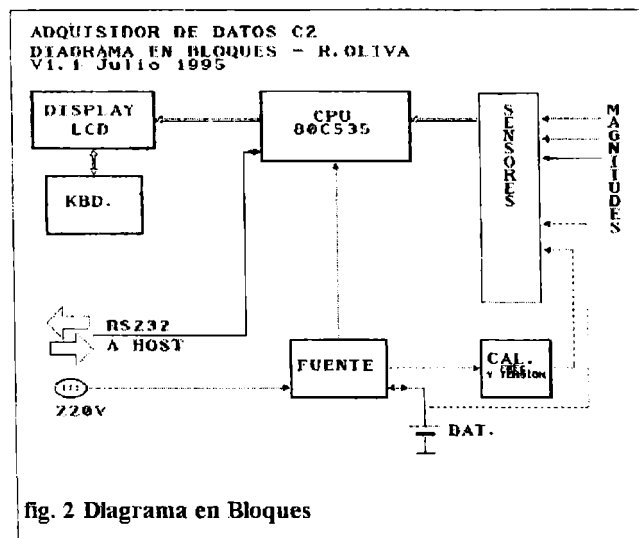


fig. 2 Diagrama en Bloques

PROGRAMAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos obtenidos, se escribió un programa en ambiente DOS de descarga de datos, similar a un terminal con comandos específicos, y las rutinas de conversión para permitir la lectura de los datos en formato de planillas de cálculo estándar. El tamaño de la memoria RAM del C2 obligaba a esta descarga en periodos de 1 semana aproximadamente, con muestras $\langle V \rangle$ de 20 minutos. El análisis de los datos descargados se realizó en bloques mensuales, utilizando un lenguaje de macros (VBA) para las planillas de cálculo. Las salidas de éste análisis permiten obtener: a) Gráficas de series temporales de $\langle V \rangle$ para un mes particular (por ejemplo, figura 3). b) Gráficas de los histogramas comparados para distintos meses (figura 4). c) Histogramas mensuales de dirección de viento. d) Evaluación de los parámetros k, A de Weibull a partir de histogramas y a partir de las mediciones de $\langle V \rangle$. e) Comparación de histogramas teórico y medido a partir de los parámetros obtenidos.

Para la estimación de los parámetros de Weibull, se utilizó un método (Justus et al, 1977; Barros, 1986; Mattio/Ponce 1995) que permite obtener dichos parámetros a partir de la salida del *histograma interno* de C2, que consiste en un conjunto de ocurrencias de velocidad de viento, clasificadas en bins de $0-V_1, V_1-V_2, \dots$ con frecuencias f_1, f_2, \dots . El método consiste en hallar las frecuencias acumuladas P_i tales que $P_1 = f_1, P_2 = P_1 + f_2, \dots, P_i = P_{i-1} + f_i$. Recordando que para Weibull, puede escribirse lo siguiente:

$$F(v_i) = P_i = 1 - \exp\left(-\frac{v_i}{k}\right)^k \quad \text{o también} \quad 1 - P_i = \exp\left(-\frac{v_i}{k}\right)^k \quad (19)$$

tomando logaritmo natural dos veces, se tiene:

$$\ln(-\ln(1 - P_i)) = k \ln v_i - k \ln A \quad (20)$$

El cambio de variable siguiente;

$$\ln(-\ln(1 - P_i)) = y_i, \quad \ln v_i = x_i \quad (21)$$

permite intentar un ajuste de la recta $y_i = bx_i + a$ y luego, en base a los coeficientes b, a obtenidos, hallar:

$$A = e^{-\frac{a}{b}} \text{ [m/s]}, \quad k = b \quad (22)$$

que son los coeficientes requeridos. Esta estimación debe hacerse sobre un periodo suficientemente extenso.

A efectos de evaluar la aproximación de las mediciones realizadas, se hicieron comparaciones con mediciones de dos estaciones automáticas de tipo comercial (Davis) instaladas a) sobre la costa de la Ría de Río Gallegos, por el Instituto de Oceanografía de la UNS (Bahía Blanca) en convenio con el Centro Marítimo Austral (CEMA) en octubre de 1995, y b) en la base Río Gallegos de la empresa Transportadora Gas del Sud S.A., desde 1994. En ambos casos las mediciones son similares, a pesar de estar ubicadas las estaciones en zonas diferentes (5km de distancia entre ellas). La diferencia entre las medias de las estaciones del CEMA y la UNPA en el período estudiado fue de 11.09%. La proximidad con el edificio del anemómetro de la estación Davis/CEMA sería el factor más importante a tener en cuenta para explicar la media menor allí. Sin embargo, la media anual (Octubre '95 a Octubre '96) medida con el C2 de 5.74m/s, está por debajo de los valores históricos de la zona (Barros, 1986), lo que sugiere que la ubicación de la torre no es adecuada.

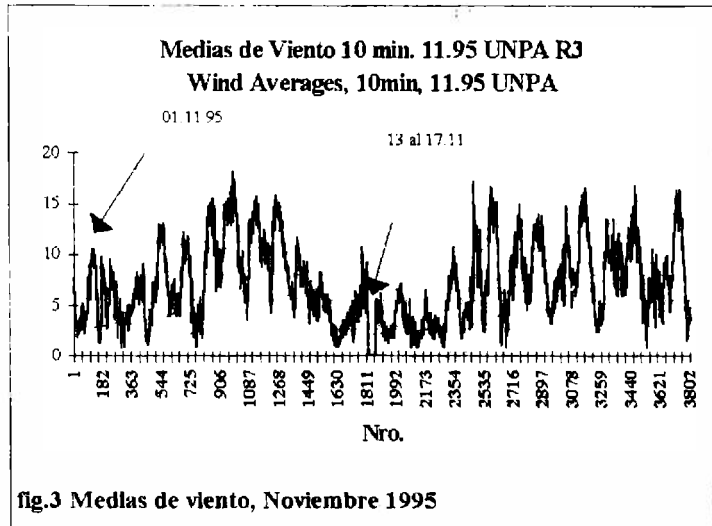


fig.3 Medias de viento, Noviembre 1995

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de un año de mediciones con el prototipo, y su comparación con los de otras estaciones, resultan en un balance positivo. El uso principal del C2 se encuentra, sin embargo, como instrumento didáctico ya que permite la modificación y variación de sus componentes y programas, lo cual no es posible en estaciones comerciales.

AGRADECIMIENTOS

La construcción e instalación de la torre fueron donadas por la empresa INGEZA. El autor quiere agradecer al CEMA y a la empresa TGS S.A. por la valiosa colaboración prestada.

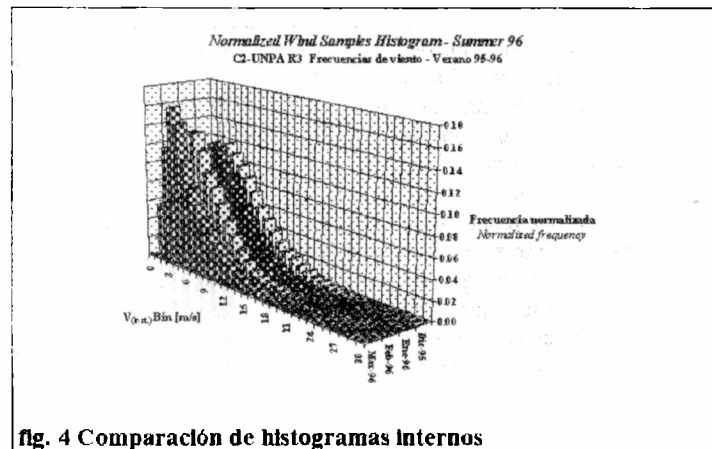


fig. 4 Comparación de histogramas internos

REFERENCIAS

- Akai, T.J. (1994) *Applied numerical methods for Engineers*, J.Wiley & Sons, New York. ISBN 0-471-02017-6.
- Barros, Vicente R. (1986) *Atlas del Potencial Eólico del Sur Argentino*. Puerto Madryn, CENPAT -CONICET.
- Buehring, I.K., Frenis L.L. (1981) Control Policies for Wind-Energy Conversion Systems, *IEE Proc.V. 128* N° 5, pp 253-61. UK.
- DEWI (Deutsches Windenergie Institut) (1993) *Course Material of Grid Connected Wind Turbines*, Wilhelmshaven, Alemania.
- Gasch, R. (1990) *Windkraftanlagen, Grundlagen und Entwurf*, BG Teubner, Stuttgart ISBN 3-519-16334-9.
- Jamil, M. (1995) Wind Power Statistics and Evaluation of Wind Energy Density, *Wind Engineering, V.18, No. 5*, pp. 227-240, UK.
- Justus, C.G.; Hargraves, W.R.; Mikhail, A. S.; Graver, D. (1977) Methods for Estimating the Wind Speed Frequency Distributions, *J. Applied Meteor.* 17, pp. 673-678.
- Mattio, H.F., Ponce, G.A. (1995) *La Importancia del Estudio del Viento en un Sistema de Conversión de Energía Eólica*, CREE-Rawson, Argentina.
- Molly, J.P. (1990) *Windenergie: Theorie, Anwendung, Messung*, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, Alemania, 2da edición.
- Williamson, T. (1985) Using the 8051 microcontrollers with resonant transducers, *IEEE T.I.E. IE32, N° 4, USA*.

EFICIENCIA DE COLECCIÓN DE RADIACIÓN UV EN REACTORES FOTOCATALÍTICOS SOLARES. COMPARACIÓN ENTRE UN REACTOR PLANAR Y UN REACTOR TUBULAR CON REFLECTOR PARABÓLICO.

Rodolfo J. Brandi, Orlando M. Alfano and Alberto E. Cassano
INTEC (Universidad Nacional del Litoral - CONICET)

Güemes 3450, 3000 Santa Fe, Argentina - Fax: 54-42-55 91 85 - E-mail: rbrandi@alpha.arcrde.edu.ar

RESUMEN

Las reacciones fotocatalíticas forman parte de las nuevas tecnologías de oxidación avanzadas para la destrucción de contaminantes orgánicos en el agua, utilizando partículas de dióxido de titanio en suspensión y radiación UV. Estos sistemas pueden activarse mediante el uso de radiación solar, ya sea con reactores planares (un sol) o con reactores tubulares con reflectores parabólicos (varios soles). En el presente trabajo se comparan estos dos sistemas de colección en cuanto al aprovechamiento que hacen de la radiación solar. Para tal comparación se calcula la eficiencia de radiación, definida como la relación entre la energía incidente sobre el reactor tubular con reflector parabólico y la energía incidente sobre el reactor planar. Además se define una eficiencia de descomposición de un contaminante. A partir de la evaluación de estas variables, se demuestra que los reactores planares son más eficientes.

INTRODUCCIÓN

Desde 1983 ha sido claramente demostrado que un gran número de contaminantes orgánicos del agua y del aire pueden ser totalmente descompuestos por reacciones fotocatalizadas con dióxido de titanio. Para este tipo de reacciones se utiliza usualmente una suspensión de muy pequeñas partículas de catalizador irradiadas con radiación ultravioleta. La posibilidad del uso de energía solar, aprovechando la región ultravioleta del espectro, es sumamente atractiva desde el punto de vista económico [1,2]. Para aplicaciones prácticas se han propuesto dos tipos de sistemas de colección: los reactores planares (sistemas de un sol) y los reactores tubulares con reflectores parabólicos (sistema de varios soles).

El objetivo de este trabajo es comparar estos dos sistemas de colección, en cuanto al aprovechamiento que hacen de la radiación solar. Para tal comparación se calcula la eficiencia de radiación, definida como la relación entre la energía incidente sobre el reactor tubular con reflector parabólico y la energía incidente sobre el reactor planar. Para ello se lleva a cabo un modelado matemático riguroso de la radiación que llega a la superficie de cada uno de los reactores. Los modelos están basados en las siguientes suposiciones: Los modelos de radiación se realizaron en 2D. Los rayos provenientes del centro del disco solar son perpendiculares tanto a la superficie del reactor planar como al eje focal del reflector parabólico. Se considera que el eje del reactor tubular coincide exactamente con el eje focal del reflector parabólico y que este no tiene imperfecciones en su superficie y produce reflexión especular.

Como criterio de comparación se propone que el área del reactor planar de ancho (W) y largo (L) sea igual al área de abertura del reflector, de abertura (W) y largo (L). Además ambos reactores operan bajo las mismas condiciones (a excepción de los caudales de operación).

MODELO DE RADIACIÓN INCIDENTE SOBRE EL REACTOR PLANAR

Para estudiar la radiación que llega al reactor, se adoptó un modelo de radiación solar que consiste en separarla en dos componentes: una componente directa proveniente del disco solar y una componente difusa que incide sobre la superficie terrestre en forma isotrópica (Fig. 1a).

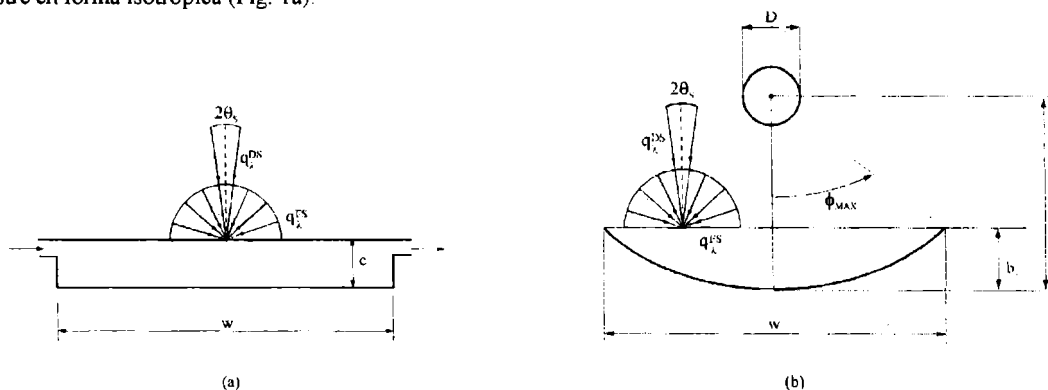


Figura 1. Características Geométricas de los Dos Sistemas de Colección. (a) Reactor Planar y (b) Reactor Tubular.

Para el modelo de la componente directa (DS), se considera que la radiación incide en forma normal a la superficie para cualquier punto sobre esta. La radiación difusa solar (FS) llega a un punto de la superficie del reactor con la misma magnitud desde todas las direcciones.

Podemos ahora, definir una variable κ como la relación de flujos de radiación directa/difusa solar. Esta variable depende del ángulo cenital solar. La porción del espectro solar aprovechada por las reacciones fotocatalíticas se encuentra entre 300-380nm, que es la zona donde absorbe el catalizador. En esta zona del espectro la componente difusa es mayor o del mismo orden que la directa (κ puede variar entre 0.0 y 1.5 como casos límites).

El flujo total neto de radiación incidente (W/cm^2) para cada punto sobre la superficie del reactor planar, es la suma del flujo difuso solar más el flujo directo solar

$$q_{\lambda,Pla}^T = q_{\lambda}^{FS} + q_{\lambda}^{DS} = q_{\lambda}^{FS}(1 + \kappa_{\lambda}) \quad (1)$$

Como este flujo neto es uniforme en toda la superficie (independiente de la posición), la energía radiante incidente por unidad de tiempo (en Watts) es igual al producto del flujo calculado por el área expuesta del reactor.

$$E_{\lambda,Pla}^T = \int_{A_{Pla}} q_{\lambda,Pla}^T dA = W L q_{\lambda}^{FS}(1 + \kappa_{\lambda}) \quad (2)$$

MODELO DE RADIACIÓN INCIDENTE SOBRE EL REACTOR TUBULAR CON REFLECTOR PARABÓLICO

El sistema consiste en un reactor tubular ubicado a lo largo del eje focal de un reflector cilíndrico de sección parabólica. Al sistema llega radiación difusa y directa solar con las mismas consideraciones hechas para el reactor planar, es decir que la radiación incidente sobre el área de abertura del reflector es la misma que la incidente sobre el reactor planar. En la Figura 1b pueden verse las características geométricas y los parámetros utilizados para definir las dimensiones del sistema, tales como: el diámetro del reactor (D), la abertura (W) y el ángulo máximo de abertura del reflector (ϕ_{MAX}). El reflector parabólico genera dos componentes adicionales (las reflejadas), de manera que el modelo considera cuatro tipos de radiación:

- Difusa-Directa (FD)
- Directa-Directa (DD)
- Difusa-Reflejada (FR)
- Directa-Reflejada (DR)

Cada una de estas componentes se modela en 2D, por lo tanto el flujo de radiación es función únicamente de la coordenada cilíndrica angular (β) del reactor. El modelado se realiza utilizando los conceptos de la óptica geométrica. Para la parte reflejada, se tuvo en cuenta que el reactor es opaco a la radiación: esto significa que todo rayo que ingresa a través de su pared es absorbido por el catalizador suspendido.

Para el modelo de la componente FR, como la radiación difusa llega al área de abertura desde todas las direcciones en forma isotrópica y el reflector es especular, se supone que la radiación reflejada es difusa. Considerando el reactor opaco, aparecen dos efectos de recorte. El primero, generado por el hecho que no puede llegar radiación desde direcciones provenientes del interior del reactor. El segundo efecto de recorte surge de descontar todos los rayos que podrían llegar a la posición β en estudio, pero son, antes de ser reflejados, interceptados por el cuerpo del reactor. Existe así un intervalo de direcciones donde los rayos son eclipsados por el reactor

Para el caso de la componente DR, se tiene en cuenta que la radiación directa solar, mediante el uso del reflector parabólico es concentrada. Para el estudio del efecto de concentración pueden definirse algunos parámetros:

- Factor de concentración geométrico: es definido como el cociente entre el área de abertura del reflector (equivalente al área del reactor planar) y el área del reactor tubular [3]:

$$C_A = \frac{A_{Ref}}{A_{Tub}} = \frac{W}{D\pi} \quad (3)$$

- Factor de concentración local: definido como el cociente entre el flujo neto directo reflejado en un punto de la superficie del reactor (sin tener en cuenta la reflectividad del material del reflector Γ_{Ref}) y el flujo neto que llega sobre el reflector (equivalente al flujo directo solar).

$$C(\beta) = \frac{q_{Tub}^{DR}(\beta) / \Gamma_{Ref}}{q^{DS}} \quad (4)$$

- Factor de concentración promedio: es el promedio del factor de concentración local en toda la superficie expuesta del reactor:

$$C = \langle C(\beta) \rangle_{A_{Tub}} = \frac{\langle q_{Tub}^{DR}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} / \Gamma_{Ref}}{q^{DS}} \quad (5)$$

Utilizando estas definiciones, el flujo neto de radiación y la energía radiante de la parte Directa Reflejada puede escribirse como:

$$\langle q_{Tub}^{DR}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} = (\Gamma_{Ref} C) q^{DS} \quad (6)$$

$$E_{Tub}^{DR} = A_{Tub} \langle q_{Tub}^{DR}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} = (\Gamma_{Ref} \frac{C}{C_A}) E_{Pla}^D \quad (7)$$

El flujo total neto de radiación para una determinada posición sobre la superficie del reactor es:

$$q_{\lambda, Tub}^T(\beta) = q_{\lambda, Tub}^{DD}(\beta) + q_{\lambda, Tub}^{DR}(\beta) + q_{\lambda, Tub}^{FD}(\beta) + q_{\lambda, Tub}^{FR}(\beta) \quad (8)$$

Finalmente, la energía radiante incidente por unidad de tiempo se calcula integrando el flujo neto calculado sobre la superficie total del reactor:

$$E_{\lambda, Tub}^T = D L \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} q_{\lambda, Tub}^T(\beta) d\beta \quad (9)$$

CALCULO DE LA EFICIENCIA

Podemos definir dos tipos de eficiencias con respecto a la radiación:

- Eficiencia de Flujos: Relación entre flujo de radiación total incidente sobre el reactor tubular y el flujo de radiación solar (que es el mismo que el flujo de radiación incidente sobre el reactor planar):

$$\eta_q = \frac{\langle q_{Tub}^T(\beta) \rangle_{A_{Tub}}}{\langle q_{Pla}^T \rangle_{A_{Pla}}} = \frac{\left(\langle q_{Tub}^{DD}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} + \langle q_{Tub}^{DR}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} \right) + \left(\langle q_{Tub}^{FD}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} + \langle q_{Tub}^{FR}(\beta) \rangle_{A_{Tub}} \right)}{q^{DS} + q^{FS}} \quad (10)$$

-Eficiencia de radiación incidente: relación entre la energía radiante incidente sobre el reactor tubular y la energía incidente sobre el reactor planar:

$$\eta = \frac{E_{Tub}^T}{E_{Pla}^T} = \frac{D\pi}{W} \frac{\langle q_{Tub}^T(\beta) \rangle_{A_{Tub}}}{\langle q_{Pla}^T \rangle_{A_{Pla}}} = \frac{\eta_q}{C_A} = \frac{\kappa \left(\frac{E_{Tub}^{DD}}{E_{Pla}^D} + \Gamma_{Ref} \frac{C}{C_A} \right) + \left(\frac{E_{Tub}^{FD}}{E_{Pla}^F} + \frac{E_{Tub}^{FR}(\Gamma_{Ref})}{E_{Pla}^F} \right)}{\kappa + 1} \quad (11)$$

Una aplicación sumamente útil de la eficiencia de radiación es poder predecir la relación entre la velocidad de descomposición de un contaminante en el reactor tubular de volumen V_{Tub} y en el reactor planar de volumen V_{Pla} . Definimos la eficiencia de descomposición del contaminante i :

$$\eta_{d,i} = \frac{\langle R_i \rangle_{V_{Tub}} V_{Tub}}{\langle R_i \rangle_{V_{Pla}} V_{Pla}} \quad (12)$$

donde R_i representa los moles de i descompuesto / ($cm^3 \cdot s$).

Notar que $\eta_{d,i}$ es la relación de moles descompuestos en el reactor tubular frente a los descompuestos en el reactor planar, bajo las mismas condiciones de operación, incluyendo la misma carga de catalizador. Como primer paso, para evaluar esta variable, calculemos la velocidad de absorción de energía (e^a) promediada en el volumen (V_R) de cada reactor, a partir de un balance de energía radiante dentro de cada uno de los reactores:

$$\langle e^a \rangle_{V_R} V_R = E_R^{T,in} - E_R^{T,ou} \quad (13)$$

Donde el término $E_R^{T,in}$ es la energía que entra al reactor (calculada con ec. 2 y 9) y el término $E_R^{T,ou}$ correspondiente a la energía que se pierde o se escapa por las paredes del reactor. Suponiendo que el reactor es opaco a la radiación, la energía que se pierde se debe a un fenómeno propio de estos tipos de sistemas: el "back-scattering". Esta energía es sumamente difícil de predecir ya que no es directamente medible experimentalmente y teóricamente requiere la resolución de la ecuación de transferencia radiativa en forma completa y rigurosa. En recientes trabajos publicados [4] se estima que la energía perdida por "scattering" puede alcanzar el 60% de la energía que ingresa al sistema. Entonces, si calculamos esta energía como una porción de la energía entrante, la ecuación 13, toma la forma:

$$\langle e^a \rangle_{V_R} V_R = E_R^{T,in} - x_R E_R^{T,in} = \gamma_R E_R^{T,in} \quad (14)$$

Una expresión comúnmente usada para la velocidad de reacción fotocatalítica promedio en el volumen del reactor ($\langle R_i \rangle$) es el producto de una constante cinética K (dependiente de la carga del catalizador) por el promedio volumétrico de la velocidad de absorción de energía elevada a la potencia n :

$$\langle R_i \rangle_{V_R} = K \langle (e^a)^n \rangle_{V_R} \quad (15)$$

En el campo de la fotocatalisis se conoce que para sistemas que reciben una moderada o alta irradiación, n es igual a 0.5 y para sistemas que reciben baja irradiación n tiene un valor de 1. Para este último caso la expresión de la eficiencia de descomposición del contaminante i es:

$$\eta_{d,i} = \frac{K \langle e^a \rangle_{V_{Tub}} V_{Tub}}{K \langle e^a \rangle_{V_{Pla}} V_{Pla}} = \left(\frac{\gamma_{Tub}}{\gamma_{Pla}} \right) \left(\frac{E_{Tub}^{T,in}}{E_{Pla}^{T,in}} \right) = \omega \eta \quad (16)$$

Aquí se ha definido el parámetro ω , como la relación de las fracciones de energía incidente aprovechada para un reactor frente al otro. Esta variable depende de las características geométricas del reactor y las propiedades ópticas del catalizador.

Se puede probar que para la irradiación producida por el sol sobre el reactor planar y más aún en el caso del tubular (varios soles), estamos frente al caso de irradiación moderada o alta, es decir que el orden n es igual a 0.5. Para estos casos necesitamos conocer el promedio volumétrico de la raíz cuadrada de la e^a . Para tal fin es posible suponer un perfil unidimensional del e^a (a lo largo de la coordenada x en el planar y de la coordenada r en el tubular), con una caída exponencial en ambos reactores [4]:

$$e^a(r) \Big|_{\text{Tub}} = e_{w,\text{Tub}}^a \exp[-\zeta(D/2 - r)] \quad e^a(x) \Big|_{\text{Pla}} = e_{w,\text{Pla}}^a \exp(-\zeta x) \quad (17)$$

donde e_w^a es el valor sobre la pared de entrada de radiación al reactor y ζ es un coeficiente de extinción aparente. Esto nos permite calcular el promedio de la raíz, a partir de la raíz del promedio, mediante:

$$\langle \sqrt{e^a} \rangle_{\text{Pla}} \cong \left[\frac{2}{\sqrt{\zeta c}} \right] \langle e^a \rangle_{\text{Pla}}^{0.5} \quad \langle \sqrt{e^a} \rangle_{\text{Tub}} \cong \left[\frac{2\sqrt{2}}{\zeta D} \left(\frac{\zeta D - 4}{\sqrt{\zeta D/2 - 1}} \right) \right] \langle e^a \rangle_{\text{Tub}}^{0.5} \quad (18)$$

El coeficiente ζ dependerá de la geometría del sistema, del espesor óptico del reactor y de la carga y propiedades ópticas del catalizador. Utilizando un espesor del reactor planar igual al radio del reactor tubular (1cm) y una carga de 1 g/L de dióxido de titanio, se llega a:

$$\eta_{d,j} = \frac{K \langle \sqrt{e^a} \rangle_{\text{Tub}} V_{\text{Tub}}}{K \langle \sqrt{e^a} \rangle_{\text{Pla}} V_{\text{Pla}}} = 1.3 \left(\frac{\langle e^a \rangle_{\text{Tub}}}{\langle e^a \rangle_{\text{Pla}}} \right)^{0.5} \left(\frac{V_{\text{Tub}}}{V_{\text{Pla}}} \right) = 0.92 \left(\frac{\omega \eta}{C_A} \right)^{0.5} \quad (19)$$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

En la Figura 2 se muestra la eficiencia de radiación, utilizando como variables κ y C_A^{-1} (para Γ_{Ref} iguales a 0.4 y 0.8). Se observa que la eficiencia del reactor tubular frente al planar no alcanza el 70 %. El hecho que la eficiencia del reactor tubular sea baja se debe a que este sistema aprovecha muy poco la radiación solar difusa (es decir $E_{\text{Tub}}^{\text{FD}}/E_{\text{Pla}}^{\text{F}}$ y $E_{\text{Tub}}^{\text{FR}}/E_{\text{Pla}}^{\text{F}}$ son muy chicos); en cambio, esta componente es utilizada en su totalidad por el reactor planar. En el caso de $\kappa \geq 1$, el efecto de concentración de la radiación directa solar por el reflector, no compensa el desaprovechamiento de la difusa. Se observa además que, a medida que se aumenta κ , la eficiencia del sistema con reflector aumenta ya que la radiación directa, que es justamente la aprovechada por este sistema, adquiere mayor importancia que la difusa. Otra manera de aumentar la eficiencia es aumentar el diámetro del reactor tubular (disminuir C_A); lo que se hace en este caso es aproximar las áreas expuestas de ambos reactores. Esto en la práctica tiene un límite, por las fuertes características de absorción del dióxido de titanio, lo que significaría que una gran parte del volumen del reactor no sea aprovechado por la reacción química.

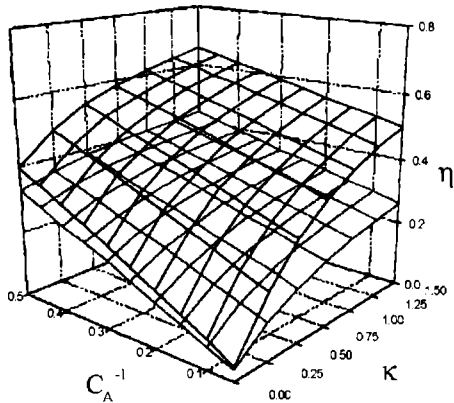


Figura 2. Eficiencia de Radiación. Para $\Gamma_{\text{Ref}}=0.4$ (superficie inferior) y para $\Gamma_{\text{Ref}}=0.8$ (superficie superior)

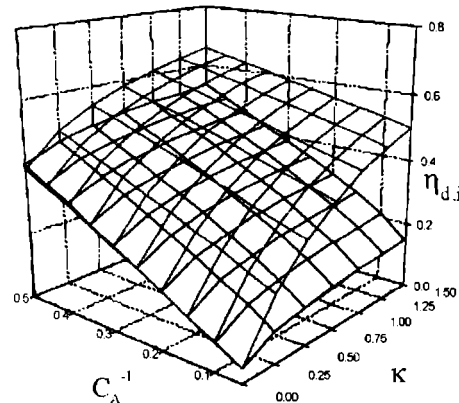


Figura 3. Eficiencia de descomposición de un contaminante para distintos ordenes de reacción. Para $n=0.5$ (sup. inferior) y para $n=1$ (sup. superior)

En la Figura 3 se grafica la eficiencia de descomposición del contaminante en función de κ y C_A^{-1} utilizando el orden de reacción n como parámetro (la figura es para un $\omega=1$ y un $\Gamma_{\text{Ref}}=0.8$). Se puede observar de esta gráfica que la eficiencia de descomposición es también siempre menor que uno. Si estudiamos la influencia del orden de reacción con respecto a la energía radiante absorbida (n), puede verse que para un mismo equipo e igual proporción de radiación directa/difusa, la eficiencia de descomposición es menor para sistemas con moderadas o altas irradiaciones ($n=0.5$) que para un sistema con baja irradiación ($n=1.0$). Queda demostrado así que el reactor planar es más eficiente, no solo en cuanto al aprovechamiento de la radiación solar incidente, sino también en cuanto a la descomposición fotocatalítica de un contaminante.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Ollis D. F. (1991). In *Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy*. E. Pelizzetti and M. Schiavello (Editors), Kluwer Ac. Publ. Netherlands, 593
- 2 Bockelmann D., Goslich R., Weichgrebe D. and Bahnmann, D. (1993). In *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*. Ollis D. F. and Al-Ekabi H. (Editors). Elsevier. Amsterdam, 771
- 3 Dickinson W. C. and Chermisnoff P. N. (Editors). (1980). *Solar Energy Technology Handbook - Part A Engineering Fundamentals*. M. Dekker, Inc. New York.
- 4 Brandi R. J., Alfano O. M. and Cassano A. E. (1996). *Chem. Eng. Sci.* 51, 11, 3169

BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA ZONA DE VILLA MERCEDES (SAN LUIS)

Jorge Di Gennaro, Victor Rodrigo*, Antonio Rossi *

*Universidad Nacional de San Luis - Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales
Avenida 25 de Mayo 384 (5730) V.Mercedes - San Luis - Tel. (0657)30954/30980 - Fax (0657)33790

E-mail rodrigo @fices.unsl.edu.ar

#Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera (5700) San Luis - E-mail solar@unsl.edu.ar

RESUMEN.

Se formula una propuesta para extraer aguas subterráneas mediante un dispositivo que opera con aire comprimido. Se describen las características y etapas de operación del dispositivo, energía requerida, potencia y caudales posibles de obtener. Finalmente se evalúa su costo y las ventajas sobre otros dispositivos existentes.-

INTRODUCCION

En la región de influencia de Villa Mercedes, dedicada a los cultivos extensivos y a la ganadería se requiere extraer aguas subterráneas, para la alimentación del ganado y de los propios habitantes rurales. Esta se encuentra a una profundidad promedio de unos 60-80 metros. Los actuales procedimientos empleados, bombas para la extracción sumergidas en la perforación, cilindros con pistones y juntas de cuero, varillas extremadamente larga para mover dichos pistones etc., tienen por estas características importantes desventajas que se suscitan a la hora de efectuar su reparación o mantenimiento. El costo es en consecuencia elevado y esto trae como resultado numerosos casos de abandono de la instalación y con ello de la actividad. Por esta causa se penso desarrollar un dispositivo que no tuviera partes móviles para que los costos de mantenimiento y reparación se reducen notablemente, además permite que sea el mismo obrero rural el que lo lleve a cabo. Una bomba de Aire Comprimido reunirá estas condiciones y el compresor se accionara mediante paneles fotovoltaicos reduciendo así los gastos en combustible y acarreo de este, dado que la mayor parte de esta región rural carece de corriente eléctrica. Además, es de hacer notar, la simpleza en la construcción del dispositivo, ya que consta de un tubo, que dependiendo de la perforación y del nivel estático del agua, puede ser de 50mm, 75mm, 100mm, 150mm, de diámetro, por el largo, que tenga como condición superar el nivel del liquido. El costo del mismo es muy bajo, ya que solo necesita (además de los caños de elevación del agua, que es comun para cualquier sistema de extracción de líquidos) un trozo de tubo cuyo diámetro sea de 1,5 a 2 veces superior al caño de elevación y dos válvulas de retención, una para llenado de la cámara y otra para elevación. Como este dispositivo esta en una etapa de experimentación, nos proponemos hacer una relación -aire comprimido, altura, pero de acuerdo a datos teóricos que estamos manejando, vemos que es bastante factible la extracción de agua a profundidades no mayores de 20-30 metros ya que la generación de aire comprimido para esas medidas, corresponderia 2,5-4 Kg/cm², no es muy difícil conseguirlas con compresores normales. Generar aire comprimido

a mayor presión y caudal es mas complicado, pensando que lo vamos a realizar a través de energía solar o eólica. Es por ello que se tiene en mente, que para profundidades mayores a 20-30 metros repetir el sistema o sea el dispositivo, en serie cada 20 metros, lo que resulta con ello trabajar con una presión no superior a los 3-3,5 Kg/cm² y además cuando el dispositivo mas profundo, el que esta sumergido, produce la expansión del aire se inyectaria al dispositivo dos y así sucesivamente cuantos dispositivos tenga, y con ello ahorrariamos aire comprimido.

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO.

A continuación, hacemos la descripción de una de las posibles maneras de llevar a la practica el Dispositivo, en relación a la figura "1". La fuente de aire comprimido a una presión "Po" mayor que la presión atmosférica, se halla comunicada, por una tubería de aire, con una cámara sumergida en el agua, estando la base superior de dicha cámara, a la altura de la superficie libre del agua en el pozo, o no. De la cámara, sale la tubería de agua, que se eleva hasta la superficie terrestre y esta comunicada con la atmósfera. Al comenzar el funcionamiento, la cámara esta llena de agua hasta la superficie libre, que ha ingresado por la válvula de retención "Rc" (estando abierta la válvula "B" de comunicación con la atmósfera y cerrada la válvula "A" de comunicación con la fuente de aire comprimido, fig."1"). El agua también ha ingresado a la tubería de agua, por la válvula de retención "Rt" hasta la superficie libre. En determinado instante, se cierra la válvula "B" y se abre la "A", con lo cual, la presión "Po", actuando sobre el agua de la cámara, la obliga a ingresar a la tubería de agua, a través de "Rt", (mientras ha obligado a cerrarse a "Rc"). Cuando el agua en la cámara ha descendido hasta su nivel unos pocos centímetros por encima de "Rt"(nivel mínimo), ha ascendido en la tubería de agua hasta la superficie terrestre; en ese instante, se cierra "A" y se abre "B", de modo que la cámara queda comunicada con la atmósfera y el agua ingresa a ella por "Rc" hasta la superficie libre. El agua de la tubería de agua, no ha descendido, porque se lo ha impedido "Rt". De esta manera, la bomba ha quedado cebada, la tubería esta llena de agua hasta la superficie terrestre. Inmediatamente, se abre "A" y se cierra "B", la presión "Po" obliga al agua a ingresar a la tubería, con lo cual, ya se obtiene agua a la salida. Cuando el agua descende hasta unos centímetros por encima de "Rt", (nivel mínimo), se cierra "A" y se abre "B" y el agua ingresa nuevamente a la cámara hasta la superficie libre, completando un ciclo. Se abre "A" se cierra "B", etc.

VOLÚMENES

Volumen de la cámara - "Vc"

Es el volumen comprendido entre los niveles máximo, (superficie libre del agua en el pozo) y mínimo, del agua en la cámara, (altura L). Siendo "D" el diámetro de la cámara y "d" el de la tubería del agua, este volumen es $V_c = (\pi D^2/4)L - (\pi d^2/4)L = (\pi L/4)(D^2 - d^2)$

Volumen de la tubería de agua

"Vt".- Es el volumen de tubería de agua comprendido entre la superficie libre del agua en el pozo y la superficie terrestre (altura "H") $V_t = (\pi d^2/4)H$.

Relación entre "Vt" y "Vc"

Como hemos dicho que cuando el agua ha descendido a su nivel mínimo en la cámara, ha ascendido hasta la superficie terrestre en la tubería, debe ser

$$L = d^2 \cdot H / (D^2 - d^2) \quad (1a)$$

Presión

Presión "Po" en la fuente de aire comprimido - la presión "Po" será la necesaria para equilibrar una columna de agua de altura H+L, mas la pat, cuando el agua ha llegado a su nivel mínimo en la cámara, o sea

$$P_o = p_{at} + \Gamma \cdot (H + L) \quad (2)$$

De esta forma, al llegar el agua al nivel mínimo en la cámara, se producirá un equilibrio estático y se detendrá el movimiento del agua. Observar que, estando la tubería, llena de agua, el movimiento del agua se inicia, cuando el aire en la cámara alcanza la presión $p_{at} + \Gamma \cdot H$

TIEMPOS.

Tiempo de vaciado de la cámara. Es el tiempo de descenso "L" del agua en la cámara, estando la tubería de agua, llena de agua. Es el tiempo activo o útil de la bomba. Se trata de un régimen no permanente, al cual lo simplificamos, usando un método aproximado, que consiste en suponer una sucesión de infinitos estados de régimen permanente. En un instante cualquiera, la altura del agua sobre su nivel mínimo, que va disminuyendo, tiene un valor "h"; en ese instante planteamos la ecuación de la energía entre la superficie libre en la cámara y la salida de la tubería a la atmósfera. Teniendo en cuenta que el movimiento del agua se inicia cuando la presión del aire en la cámara es $p_{at} + \Gamma \cdot H$ y finaliza cuando esta presión es $P_o = p_{at} + \Gamma \cdot (H + L)$, siendo L relativamente pequeña respecto a H, supondremos $p = P_o$ en la cámara; por otra parte, despreciamos la velocidad del agua en la cámara frente a la velocidad en la tubería. Tomando como nivel de referencia, el nivel mínimo, resulta

$$P_o/\Gamma + h - (K + f(H+L)/d) V^2/2g = p_{at}/\Gamma + (H+L) + V^2/2g$$

$$t = \sqrt{2C/g} \cdot A/S \cdot \sqrt{L} \quad (3) \text{ Tiempo activo.}$$

Debe tenerse en cuenta, que esta ecuación, además de ser aproximada, contiene el coeficiente "f" de pérdidas en la tubería de agua y el coef. "K" de pérdidas en la válvula "Rt", cuyos valores son inciertos, si no se conocen materiales, dimensiones, formas, etc., que aun no conocemos. De cualquier manera no son valores exactos, en cálculos preliminares, adoptaremos valores, consultando tablas, pero los valores definitivos de este tiempo activo, surgirán de ensayos empíricos.

Tiempo de Cebado;

Es el tiempo del descenso L del agua en la Cámara, como en el caso anterior, pero mientras la tubería se esta llenando. Este tiempo puede suponerse menor que el Tiempo Activo dado por la (3), porque la columna "h" de agua en la tubería, por encima del nivel del pozo, no es constante, sino que varia desde 0 hasta H.

Tiempo de llenado de la cámara;

Este tiempo puede suponerse menor que el tiempo activo dado por la (3), por ser mas libre el flujo del agua, en este caso. Los valores preliminares de los tiempos de Cebado y llenado de la Camara, se estimaran como un porcentaje del tiempo Activo, (70 a 80 %), pero los valores definitivos surgirán de los ensayos.

ENERGÍA Y POTENCIA;

Energía Neta

La energía neta necesaria para elevar la unidad de peso de agua desde el nivel del pozo hasta la superficie terrestre, (altura H), surge de aplicar la Ecuación de la Energía de la Mecánica de los Fluidos entre ambos niveles, sin tener en cuenta las pérdidas. Si llamamos Eup, a esta energía por unidad de peso, la ecuación es

$pat / \Gamma + E_{up} = pat / \Gamma + H$ de donde $E_{up} = H$ (4) Energía Neta para elevar una altura "H" la unidad de peso, que es el aumento de Energía Potencial de la unidad de peso. Entonces la Energía necesaria para elevar una altura H, el peso $\Gamma \cdot V_c$ de agua contenida en el volumen V_c de la cámara .-

$$E = \Gamma \cdot V_c \cdot E_{up} = \Gamma \cdot V_c \cdot H \quad (4a) \text{ Energía Neta para elevar una altura H el peso } \Gamma \cdot V_c.$$

La Potencia Neta necesaria depende del caudal "Q" y es .

$$Pot. = \Gamma \cdot Q \cdot E_{up} = \Gamma \cdot Q \cdot H \quad (5) \text{ Potencia Neta}$$

ENERGÍA REQUERIDA POR LA BOMBA:

Dejando de lado las pérdidas de energía en los conductos y en la bomba, la energía requerida por la bomba, para elevar el peso $P = \Gamma \cdot V_c$ de agua, una altura H, consta de dos partes, que son

1) Aumento de la Energía Potencial del peso ($\Gamma \cdot V_c$) de agua :

$$E = \Gamma \cdot V_c \cdot H \text{ que es la Energía Neta}$$

2) Trabajo de Compresión del Aire :

$$T_{ci} = [pat + \Gamma (H+L)] \cdot [V_c + V_a] \cdot \ln [(pat + \Gamma (H+L)) / pat] \quad (5a) \quad \text{Trabajo de Comp. Isotérmica, o bien}$$

$$T_{ci} = [pat + \Gamma (H+L)] \cdot [V_c + V_a] \cdot \ln [1 + \Gamma \cdot (H+L) / pat] \quad (5a).$$

Entonces, la Energía requerida por la bomba es $EB = E + T_{ci}$ (6) Energía requerida por la bomba .

Entonces, para entregar una energía E, la bomba requiere una energía

$E + T_{ci}$, siendo T_{ci} el exceso de energía requerida. En relación a la Energía Neta, E la Energía requerida por la bomba es ;

$$E_{br} = EB / E = (E + T_{ci}) / E = 1 + T_{ci} / E \quad (7) \quad \text{Energía de la Bomba Relativa .-}$$

Reemplazando E y T_{ci} , obtenemos :

$$E_{br} = 1 + [(pat + \Gamma (H+L)) / (\Gamma \cdot H)] \cdot [1 + V_a / V_c] \cdot \ln [1 + \Gamma \cdot (H+L) / pat] \quad (7a)$$

Potencia de la Bomba

En el Tiempo activo, dado por la (3), la bomba requiere una Energía EB, dada por la (6) y la (5a) ; entonces, la potencia es $P = (E + T_{ci}) / [\sqrt{(2C/g)} \cdot (A/S) \cdot \sqrt{L}]$ (8) Potencia de la Bomba

CAUDALES:

Caudal de Agua :

En el tiempo activo t, dado por la (3), la bomba entrega un volumen de agua igual al volumen V_c de la cámara; de donde, el caudal en este tiempo, es $Q = V_c / t$ (9) caudal de Agua. Si consideramos el ciclo completo, debemos agregar el tiempo t' de llenado de la cámara, durante el cual el caudal es nulo, y obtenemos un caudal medio:

$$Q_m = V_c / (t + t') \quad (9a)$$

Caudal de Aire:

Al iniciarse el tiempo activo, existe en la tubería de aire, un volumen V_a de aire a presión atmosférica y temperatura ambiente T. Al finalizar el tiempo activo existe un volumen $V_c + V_a$, de aire a presión $pat + \Gamma (H+L)$ y a temperatura ambiente T. Suponiendo un gas perfecto, a la misma Temperatura T, este volumen $V_c + V_a$, a la presión atmosférica, aumenta y alcanza el valor:

$$V' = [pat + \Gamma (H+L)] \cdot (V_c + V_a) / pat \quad (10)$$

Entonces, el volumen V de aire a pat y T, (Aire Normal), que ha sido entregado por la fuente de Aire Comprimido, es : $V = V' - V_a$ (10 a).

Con lo cual, el caudal de aire, en el tiempo activo t, es $Q_a = V / t$ (11) Caudal de Aire.

NOMENCLATURA

Pat. Presión atmosférica

T. temperatura ambiente.

Po. Presión en la fuente de aire comprimido.

g. Aceleración gravitatoria. .

Γ . Peso específico del agua.

Rt. Válvula de retención de la tubería de agua.

Rc. Válvula de retención de la cámara.

H. Profundidad de la superficie libre del agua.

h. Diámetro de la tubería de agua.

D. AREA de la sección de la tubería de agua.

Vt. Volumen de la tubería de agua por encima de la superficie libre.

L. Longitud de la tubería de agua por debajo de la superficie libre.

M. Diámetro de la cámara.

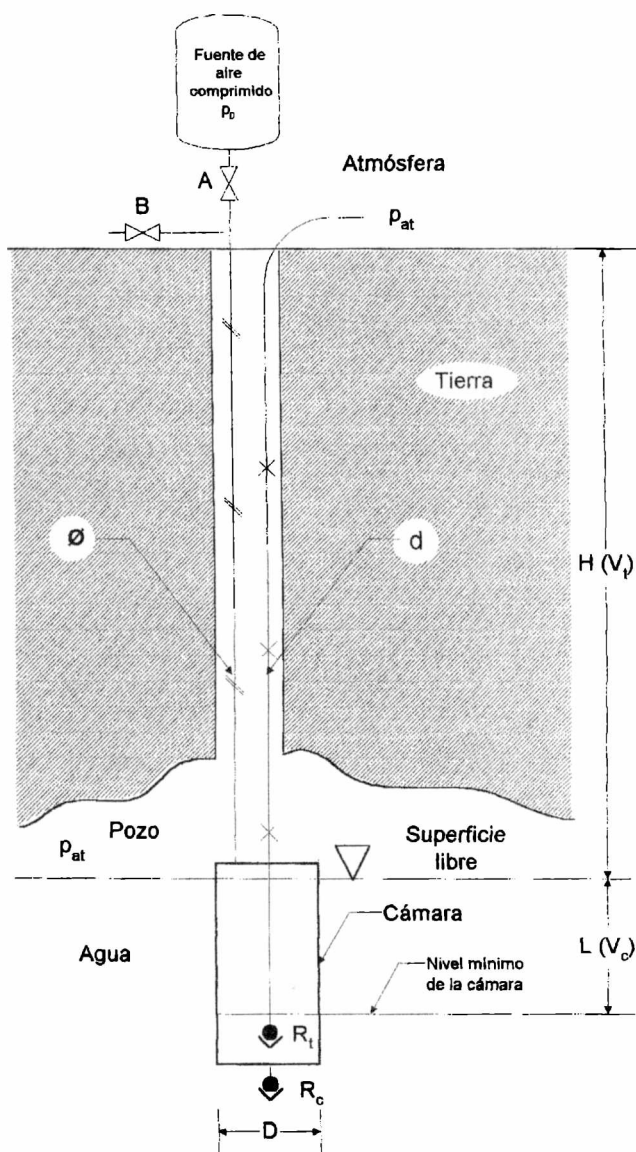
N. Area de la sección de la cámara.

Vc. Volumen de la cámara.

Va. Volumen de la tubería de aire.

- t. Tiempo activo.
- T. Caudal de agua en la tubería de agua durante el tiempo activo.
- U. Coeficiente de pérdidas en la válvula R_t .
- k. Coeficiente de pérdidas en la tubería de agua durante el tiempo activo.
- $F. = 1 + K + f. (H + L) / d.$
- G. Energía neta para elevar una altura H un peso ΓV_c de agua .
- Pot. Potencia neta .
- Qa. Caudal de aire.
- Tci. Trabajo de compresión isotérmica del aire.
- EB. Energía requerida por la bomba.
- Ebr. Energía de la bomba relativa.
- P. Potencia de la bomba.
- XVI. Volumen de Aire Normal entregado por la fuente de aire comprimido.
- $V'. V + V_a$

Figura 1



ELECTROLIZADOR DE AGUA PROTOTIPO PARA LA OBTENCION DE HIDROGENO

O. Armando, G. Dran, R. Gallo, E. Hernandez, C. Muñoz*, R. Saavedra Y L. M. Valdez

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Haedo - Grupo de Estudios sobre Energía.
Paris 532, Haedo, (1706) Pcia. Buenos Aires, Argentina. Fax 01-443-7466. E-mail: cmunoz@cnea.edu.ar
Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Constituyentes - U.A.C.N.

RESUMEN

Se construyó un electrolizador de agua constituido por cuatro celdas divididas, conectadas bipolarmente, cuyo módulo se ensambla en forma de filtro prensa y con distribución hidráulica en paralelo. Los diafragmas son de fibras de asbesto. El material electrodico se compone por laminas de níquel. Su consumo energético a 60°C evaluado a una tensión de celda de 2,25 V fue de 5,38 kWh/m³(CNPT)H₂.

INTRODUCCION

El electrolizador de agua fue construido como prototipo del proyecto "Obtención de hidrogeno utilizando energía solar", el cual se esta desarrollando en la Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Haedo, grupo G.E.S.E. La importancia que se le puede dar a este proyecto es que el hidrogeno puede ser un futuro vector energético, utilizándolo por ejemplo como transportador de energía eléctrica o reemplazar a los motores de combustión interna con las llamadas celdas de combustión (Kordesch and Gsellmann, 1985). Para que esto sea posible, la obtención de hidrogeno tiene que ser económicamente rentable, por lo tanto hay que minimizar las pérdidas energéticas de los electrolizadores.

Para la construcción del electrolizador se trato de utilizar los materiales más convenientes pero de adquisición en el mercado local, aunque se conoce la existencia de otros materiales que aumenten el rendimiento (Divisek y otros, 1988).

FASE CONSTRUCTIVA

CELIDAS

Las características de las celdas electroquímicas utilizadas son:

- Tipo filtro prensa.
- Conexión bipolar.
- Cuatro celdas divididas.
- Distribución hidráulica en paralelo.

Las celdas electroquímicas se construyeron con cortes de un tubo de acrílico, que actúan como armazón entre los cuales se intercalan los electrodos y los diafragmas. Se utilizó dicho material debido a que se puede observar dentro de las celdas la evolución de las burbujas y así mejorar la geometría de los electrodos.

En las juntas armazón-electrodo y armazón-diafragma se utilizaron anillos de neopreno, que es inerte al electrolito. El módulo completo, que contiene las cuatro celdas, se prensa con cuatro bulones, igual que un filtro prensa.

ELECTRODOS

El material seleccionado para los electrodos fue el níquel debido a la resistencia al ataque químico del electrolito (Garat and Gras, 1983) y a sus propiedades electrocatalíticas (Fiori and Mari, 1987).

El electrodo (fig. 1) esta constituido por tres laminas circulares unidas entre si, donde la central actúa como placa bipolar y las laterales (electrodos primarios) son la superficie electroactiva del electrodo y actúan, una como ánodo y la opuesta como cátodo.

Los electrodos primarios poseen una distribución de orificios con el fin de evacuar las burbujas producidas y así no obstruir la superficie electroactiva evitando la polarización de los mismos.

DIAFRAGMAS

Se utilizaron fibras de asbestos de diferentes tamaños como diafragmas. Para su fabricación primero se suspenden las fibras en agua y luego se depositan por vacío sobre un embudo Büchner controlando a través de un vacuómetro que la porosidad

resultante sea uniforme en todos los diafragmas. Al terminar la deposición se procede a secarlos en estufa a 70°C hasta observar rigidez en los mismos.

Al observar que los diafragmas no mantenían su forma plana después de un tiempo de funcionamiento del equipo se optó por colocar un soporte dentro del mismo. Para tal fin se utilizó una malla plástica poco reticulada que se colocó entre una primera y segunda deposición de las fibras de asbesto.

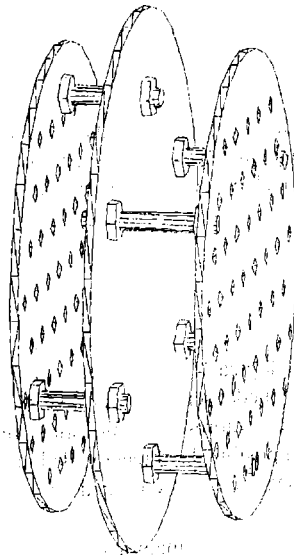


Fig. 1 Electrodo

ELECTROLITO

Como medio iónico conductor se utilizó una disolución de hidróxido de potasio al 20 %. La ventaja con respecto al hidróxido de sodio es su mayor conductividad específica.

FASE EXPERIMENTAL

Para la evaluación del electrolizador se realizó un gráfico de la tensión de celda (U_c) en función de la intensidad de corriente que circula por la misma a una temperatura de 25°C (fig. 2). El punto donde el gráfico corta al eje de ordenadas representa la tensión mínima de electrólisis (U_e), que en el caso de la electrólisis del agua a 25°C es 1,48 V. También se observa que al aumentar la intensidad, aumenta la caída óhmica de la celda. Esto se debe al efecto de polarización que la burbujas desprendidas producen.

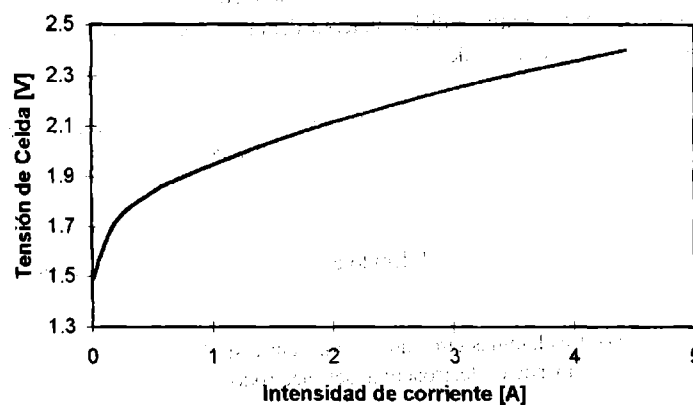


fig. 2. Evaluación de la celda

RESULTADOS

El consumo energético a 25°C evaluado a una tensión de celda de 2,25 V fue de 5,50 kWh/m³(CNPT)H₂. En este caso el rendimiento de corriente es del 66%. A una temperatura de 60°C y a igual rendimiento de corriente el consumo energético bajo a 5,38 kWh/m³(CNPT)H₂.

CONCLUSIONES

Al trabajar con mayores densidades de corriente, el electrolizador no responde convenientemente debido a la geometría electrodo-celda y al alto tiempo de residencia del electrolito. Para mejorar este problema se buscan discos "zero gap" entre el electrodo y diafragma, y mayor superficie electroactiva lograda con electrodos porosos.

REFERENCIAS

- Divisek J., Malinowski P., Mergel J. and Schmitz H., Improved components for advanced alkaline water electrolysis. *Int. J. Hydrogen Energy* **13**, 141 (1988).
- Fiori G. and Mari M., Comparison and evaluation of electrocatalytic materials in electrochemical hydrogen production. *Int. J. Hydrogen Energy* **12**, 159 (1987).
- Garat A. and Gras M., Corrosion study of nickel for alkaline water electrolysis. *Int. J. Hydrogen Energy* **8**, 681 (1983).
- Kordesch K. and Gsellmann J., Electrode designs and concepts for bipolar alkaline fuel cells. *Int. J. Hydrogen Energy* **10**, 317 (1985).

AGRADECIMIENTOS

- Ing. Carlos GARCIA EBBENS
- Dr. Juan Carlos BOLCICH
- Sr. CONVERTI - SOBUJE S.A.
- Sres. Horacio POGGIO y Ing. Pericles MALANOS - Petroquímica Gral. BERMUDEZ
- Electroquímica CODAM S.A.C.I.Y.F.
- Sr. Carlos CARPINETTA - C.N.E.A.
- Sr. Marco CARIBONI

ENERGÍA EN EDIFICIOS EVOLUCIÓN DE LA MATERIA Y CAMBIOS METODOLÓGICOS

J. Martín Evans*, Susana Eguía+ y Gabriela Casabianca+

Centro de Investigación Hábitat y Energía. SICyT- FADU- UBA.
CC 1765, Correo Central (1000), Capital Federal
Fax (01)782-8871 E-mail: evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

Esta ponencia presenta una evaluación del desarrollo y evolución de 'Energía en Edificios', materia electiva de la carrera de Arquitectura de la UBA, y los cambios que se han incorporado en su dictado desde 1990 a la fecha. Se expone una síntesis de estos cambios y los resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista de la propuesta didáctica como desde la experiencia de los alumnos.

INTRODUCCIÓN

La materia electiva Energía en Edificios (Evans et al., 1996) se dicta en la FADU desde el año 1990 en un régimen cuatrimestral de 60 hs y plantea la introducción de los aspectos energético-ambientales en la formación de grado, poniendo énfasis en el uso racional de la energía y los medios para lograrlo a través del diseño arquitectónico, concientizando así a los futuros profesionales de la arquitectura sobre el uso de la energía en los edificios, los problemas, sus consecuencias y posibles soluciones. La materia está dirigida a la formación de profesionales capaces de implementar, aplicar y verificar normas y técnicas de conservación de energía, aislación térmica, captación de energía solar y habitabilidad higrotérmica.

Esta materia está relacionada además con las materias electivas "Introducción al Diseño Bioambiental" e "Introducción a la Arquitectura Solar", también dictadas por investigadores y colaboradores del CIHE y el curso de Posgrado "Programa de Actualización en Diseño Bioambiental", que permite una profundización de la temática. A la fecha se dicta independientemente de la materia Instalaciones III, aunque no se descarta una vinculación futura a través de miembros del CIHE que son docentes en la materia mencionada.

OBJETIVOS

El curso tiene como objetivo desarrollar la conciencia energética en la formación del arquitecto a partir de la comprensión y el conocimiento de pautas constructivas y de diseño que lleven a optimizar el proyecto arquitectónico, la elección de materiales que tengan en cuenta el uso de recursos energéticos limitados y reduzcan el impacto ambiental emergente del uso irracional de combustibles fósiles. El uso racional de los recursos constructivos y las mejoras en las condiciones de confort en los edificios no sólo disminuyen el consumo de recursos energéticos no renovables sino que también implican una mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

Los aspectos conceptuales desarrollados son:

- Relación entre consumo de energía, condiciones de confort y calidad de vida.
- Relación entre consumo de energía de fuentes no renovables y renovables, y desarrollo sustentable.
- Relación entre diseño arquitectónico y consumo de energía en edificios. Aspectos metodológicos que permiten optimizar esta relación.
- Estudiar la aplicación de normativas para promover el uso racional de la energía.

* Profesor Titular, Cátedra 'Energía en Edificios' + JTP, Jefe de Trabajos Prácticos

METODOLOGÍA

El curso introduce al alumno en el conocimiento de los actuales y futuros problemas energéticos, hoy de escala global, la disponibilidad futura de energía y aspectos energético-habitacionales de nuestro país, generando una propuesta que desde la arquitectura observe el uso sostenible de los recursos no renovables destinados a producir confort en el hábitat y planteando desde un principio que el arquitecto como tal no sólo debe recurrir a las soluciones tecnológicas a su alcance sino también fundamentar su propuesta de diseño en esta necesidad.

El tema del ejercicio principal a desarrollar en la materia es la optimización energética de distintas viviendas propuestas por los alumnos, elegidas en función de indicaciones generales de superficie y localización (100 a 150 m², área suburbana, vivienda unifamiliar aislada o apareada, etc). Estas viviendas constituyen el objeto de análisis de los alumnos, se estudian sus características constructivas, de orientación, se realiza el cálculo del coeficiente G de pérdidas globales aplicando la Norma IRAM 11.604, se calculan los aportes de las ganancias internas y solares, evaluándose su comportamiento energético y la influencia de las distintas variables analizadas.

Luego de esta primera etapa de diagnóstico, se van produciendo cambios progresivos en las distintas variables, analizando su influencia y verificando las mejoras resultantes en el comportamiento térmico de la unidad estudiada. Estos cambios comprenden variaciones de materiales, forma edilicia, orientaciones, tamaño y orientación de aberturas, etc. También se realiza el cálculo de la demanda total de energía y su costo, para la unidad inicialmente estudiada y sus variantes mejoradas, analizándose la relación costo/beneficio de los cambios realizados.

Dos ejercicios fundamentales del curso son: el desarrollo de un trabajo de investigación y la verificación del comportamiento energético en las etapas de diseño mediante distintos métodos. En el primer caso, se asigna a los alumnos un tema para investigar, como por ejemplo alternativas de soluciones constructivas considerando un valor de K similar y sus costos, espesores óptimos de aislación, orientaciones óptimas para la propuesta, relación entre iluminación incandescente, fluorescente, fluorescente compacta de bajo consumo y diroica en función de variables como consumo, vida útil, costo de reposición, etc.; los resultados obtenidos son expuestos ante todos los alumnos y posteriormente incorporados en las propuestas de modificaciones de diseño y tecnológicas de la unidad.

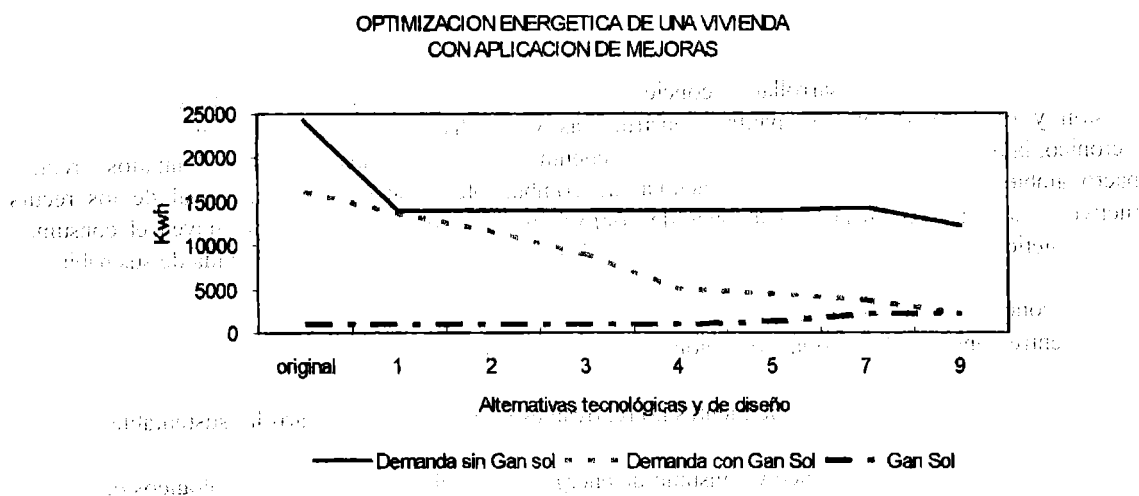


Figura 1. Gráfico realizado por los alumnos Diego Rodríguez y Andrea Alvarez. Los alumnos consideraron los resultados de demanda con y sin ganancia solar para acentuar la importancia de aprovecharla en el proceso de aclimatar la vivienda. Las mejoras, tales como variación de orientación, tamaño de ventanas, cambios de materiales, etc. se aplicaron en forma progresiva a fin de observar cómo variaban las condiciones interiores y la demanda de energía. No se volcaron todos los estudios, sino los más relevantes por sus resultados.

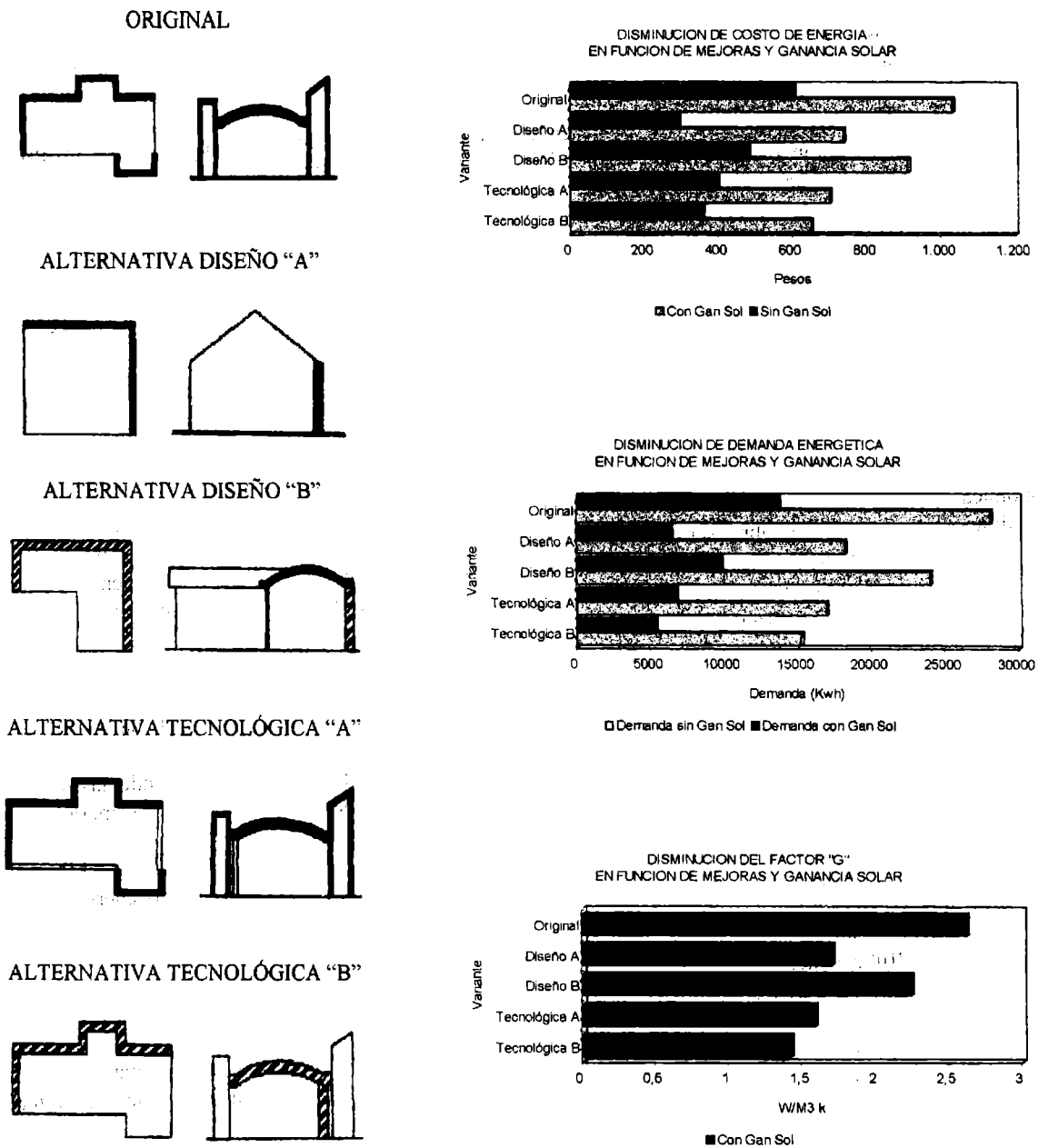


Figura 2. Gráficos comparativos de los resultados, alumno Fernando Ballestrini.
 Variables: tipología, cambios morfológicos, de materiales, relación pared-vano, etc.

En el segundo caso se estudia la aplicación de otros métodos de verificación del comportamiento energético de edificios, incorporados en 1997, como por ejemplo el cálculo alternativo de temperatura final interior desarrollado por el Prof. J. M. Aróztegui (1996) en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay y el Método LT, desarrollado por Prof. Nick Baker et al (1995) del Martin Centre, Escuela de Arquitectura, Universidad de Cambridge. Estos métodos permiten evaluar fácilmente el comportamiento térmico de la envolvente edilicia en etapas de diseño, realizar cambios formales, de proporciones de envolvente opaca y no opaca, factor de pérdidas (G), etc. y comparar los resultados con los obtenidos de la aplicación de la Norma IRAM 11.604.

CONCLUSIONES

Con respecto a los cambios implementados en el cursado de la materia, y considerando los resultados obtenidos podemos mencionar que:

- La aplicación de diversos métodos de verificación del comportamiento energético edilicio sobre la propuesta facilita la comprensión de las variables intervinientes, posibilitando al alumno realizar cambios de orden constructivo- tecnológico (materiales, sistemas o disposiciones constructivas). Con respecto a los cambios en el diseño edilicio, aparece una mayor inercia para tomar decisiones y realizarlos, sobre todo en los casos en que los beneficios emergentes no son tan notorios.
- Los trabajos de investigación realizados por los alumnos constituyen un excelente ejercicio didáctico. Los alumnos asumen así un mayor compromiso respecto a la temática de la materia, al mismo tiempo que descubren el potencial de la investigación aplicada a esta temática y su inmediata aplicación al proyecto estudiado, en la mayoría de los casos con beneficios energéticos claramente demostrables.

La comprensión de los problemas relacionados con el uso racional de la energía en edificios implica también aceptar que las soluciones propuestas no pueden evaluarse necesariamente en términos de conveniencia económica, ya que los cambios y mejoras sobre las condiciones de confort y la calidad de vida en el interior de los edificios no pueden siempre ser evaluados en términos económicos. Por ejemplo, las mejoras en el asoleamiento pueden reducir la carga térmica de calefacción y aportan también beneficios de orden psicofísico y, en algunos casos de orden médico (aprovechamiento de los beneficios terapéuticos de la radiación solar directa), que no son cuantificables en términos económicos.

Cada año, el dictado de la materia significa un nuevo desafío por cuanto nos preocupa brindar nuevas herramientas de verificación, de fácil manejo y aplicables en la etapa de proyecto. Al realizar el análisis en edificios ya diseñados y muchas veces en uso, los futuros arquitectos toman conciencia de la necesidad de determinar los posibles problemas de confort en una etapa proyectual temprana y no posteriormente, cuando las soluciones significan una erogación mayor en consumo de energía o en mejoras edilicias que nunca serán recuperadas con el beneficio económico del ahorro energético.

Sin embargo aparece también un problema que el alumno comienza a comprender: el ahorro energético no es todo, sino que trae consigo la posibilidad de proyectar edificios de menor impacto ambiental negativo, que generan menor contaminación y menor demanda de energías que hoy tienen un futuro comprometido y limitado. Nuestro país construye edificios destinados a tener una vida útil mayor de 30 ó 40 años y nuestras reservas de gas conocidas no superarán los 27 años aproximadamente.

Por esta razón, nuestra propuesta es diseñar tomando en cuenta las normas existentes sobre el tema y difundir los conocimientos que en nuestro país y en otras partes de mundo se están desarrollando a fin de que la arquitectura no quede fuera de la búsqueda de modos de vida más sostenibles.

REFERENCIAS

- Aroztegui J. M. et al. (1996) *Guión de clase: acondicionamiento térmico*. Oficina del Libro del CEDA, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Baker N. et al. (1995) *The LT method 3.0, an energy design tool for buildings in southern europe*, Zephir, The Commission of the European Communities, Bruselas.
- Evans J. M., Reyes J., Eguía S. y Martín R. (1996) Energía en edificios. Cinco años de transferencia. *Actas de la XVIII Reunión de ASADES (San Luis)*, INENCO-UNSA, Tomo 3, 12.7-12.11, Salta, Argentina.

EFICIENCIA ENERGETICA Y CONFORT TERMICO EN LA MATERIA INSTALACIONES III, FADU-UBA.

Analia Fernández*
Centro de Investigación Hábitat y Energía
Instalaciones III, Cátedra Arq. J. Benbassat
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
CC 1765, Correo Central (1000) Capital Federal, Argentina
Fax. (+ 54 1) 782-8871. E-mail: anafern@fadu.uba.ar

RESUMEN

Se presenta la experiencia didáctica, modificaciones y ajustes introducidos en la materia Instalaciones III, disciplina técnica de la carrera de arquitectura de la FADU-UBA, y los resultados obtenidos en los dos últimos años de transferencia de conceptos y pautas de diseño bioclimático tendientes al uso racional de energía en edificios. El objetivo de esta propuesta es concientizar a los alumnos sobre la problemática ambiental y los problemas de consumo de energía para acondicionamiento térmico de los edificios a partir de la introducción y transferencia de criterios básicos de aprovechamiento de recursos naturales y la aplicación de técnicas de instrumentación en un ejercicio proyectual, que contribuya a fomentar el desarrollo sustentable y mejor calidad de vida. Los resultados obtenidos de la aplicación de esta experiencia fueron muy positivos y se espera poner en marcha el próximo año, el programa de formación para ex-alumnos de la materia.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo sintetiza una metodología de aplicación y transferencia de la temática ambiental que surge como resultado de la integración de ejes temáticos, estrategias didácticas y la experiencia docente recogida en el dictado de las materias electivas "Introducción al Diseño Bioambiental", "Introducción a la Arquitectura Solar" y "Energía en Edificios", y el Curso de Posgrado Programa de Actualización en Diseño Bioambiental en el ámbito de la FADU.

Desde 1984, los Profs. Arqtos. J. Martin Evans y Silvia de Schiller realizaron varias experiencias para introducir la temática bioambiental y el uso racional de energía en distintos niveles académicos de la FADU-UBA. Asimismo, las actividades de investigación que se realizan en el Centro de Investigación Hábitat y Energía en arquitectura y el urbanismo, constituyen la base fundamental para transferir estos conocimientos en el ámbito académico y profesional (Evans y de Schiller, 1995a).

A partir de agosto de 1995, se inicia el dictado del tema Uso Racional de Energía en la materia Instalaciones III, Cátedra del Prof. Arq. Jorge Benbassat. Esta materia cuatrimestral se desarrolla con un total de sesenta horas cátedra distribuidas en quince clases. La temática sobre URE pertenece a la Unidad 3 del programa oficial de dicha materia y constituye la tercera parte del total de la misma, donde además se incluyen conceptos sobre clima, microclima, tendencias tecnológicas y bioclimatismo en la arquitectura

La metodología implementada, que se inicia con la forma y orientación del volumen edilicio hasta el diseño de los detalles constructivos, fue perfeccionándose con el desarrollo de cuatro periodos cuatrimestrales, modificando e introduciendo nuevos mecanismos pedagógicos e instrumentales que contribuyeron positivamente en la instancia de enseñanza y aprendizaje (Fernández, 1995).

El Laboratorio de Estudios Bioambientales del CIHE es una de las principales herramientas para transferir a los alumnos los problemas y beneficios de la incidencia del sol y del viento en los edificios y evaluar el comportamiento de los mismos en un medio climático específico (Evans et al., 1988).

En tal sentido, la incorporación de un ejercicio de práctica proyectual en esta disciplina de la carrera de cursado obligatorio, mediante la técnica experimental y el desarrollo de un orden lógico o estructural, constituye un importante aporte pedagógico, permitiendo al alumno la integración y verificación de los conceptos y técnicas instrumentales en todo el desarrollo de su proceso de diseño, desde su momento propositivo hasta el momento crítico evaluativo (Sarquis, 1995).

* Jefe de Trabajos Prácticos Regular (D.E.) SICYT - FADU - UBA.

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

La metodología desarrollada en los cuatro períodos lectivos de estos dos años se basa en la incorporación de criterios de diseño bioclimático y el aprovechamiento de los recursos naturales y las energías renovables en el proceso de diseño en todas sus escalas, desde la forma y orientación del edificio hasta la resolución de detalles constructivos. Esta temática se desarrolla en un total de doce horas cátedra, distribuidas en el cuatrimestre.

El tema motivo del ejercicio proyectual es un edificio de oficinas de gran altura ubicado en Buenos Aires, al que se le deberá incorporar y dimensionar un sistema de aire acondicionado teniendo en cuenta los conceptos de URE desarrollados en la primera etapa. La metodología propuesta para desarrollar esta unidad comprende siete puntos:

1. Introducción a la problemática energético-ambiental.

Esta temática se inicia con el dictado de una clase teórica introductoria donde se acentúan principalmente los conceptos de: Clima, Confort térmico y Consumo de Energía. El objetivo de esta primera clase es motivar al alumno a partir de la formulación de distintos interrogantes sobre los problemas del uso de energías no renovables en el sector vivienda, comercio y oficinas -principalmente para acondicionamiento térmico- y el potencial de las energías renovables en relación a las características climáticas específicas y los niveles deseables de confort.

Esta motivación involucra principalmente la responsabilidad específica que le corresponde al arquitecto y al planificador urbano de mejorar la calidad de vida del hábitat construido y contribuir a disminuir el consumo de energía en los edificios.

2. Estrategias de diseño bioclimático.

En esta segunda clase se enuncian las estrategias de diseño aplicables según distintas condicionantes del clima con el fin de minimizar el consumo de energía y mejorar el nivel de confort térmico en los espacios interiores. Estos conceptos se ejemplifican con edificios de distintas escalas, por comparación y contraposición de los recursos bioclimáticos disponibles en cada región.

También, se introducen conceptualmente las características de inercia térmica, aislación térmica y ganancia solar a través de los distintos elementos de la envolvente edilicia y su aplicación en cada una de las seis zonas bioambientales del país (IRAM, 1980).

En esta clase se muestran ejemplos de proyectos de alumnos de la materia Introducción al Diseño Bioambiental pertenecientes a distintas zonas bioambientales, a fin de explicitar los conceptos enunciados y las etapas del proceso de diseño.

3. Trayectoria del sol y orientación de los edificios.

Esta clase se dicta en el Laboratorio de Estudios Bioambientales del CIHE (Evans et al., 1988) utilizando el Heliodón o Simulador del Movimiento Aparente del Sol y el Túnel de Viento. Los alumnos visualizan la trayectoria aparente del sol sobre distintos volúmenes edilicios y verifican las sombras arrojadas por los mismos en distintos momentos del día en las estaciones de invierno, verano y equinoccios. Además, se analiza el asoleamiento invernal incidente en fachadas de edificios con distintas orientaciones y se evalúa el impacto de la radiación solar en verano.

En el Túnel de Viento se visualizan los principales problemas de aceleración y turbulencia generados por el impacto del viento sobre edificios altos y la extensión de la zona en "sombras de viento" generada por volúmenes de distintas proporciones. Asimismo, se indican los problemas de infiltraciones de aire en aventanamientos ubicados sobre las fachadas a barlovento y la necesidad de optimizar la ventilación natural en locales orientados a sotavento (Fernández y de Schiller, 1993).

En esta clase teórico-práctica, se definen las primeras características térmicas de los cerramientos del edificio para evitar o aprovechar los flujos de calor en invierno o en verano que contribuyan a disminuir el dimensionamiento de instalaciones de acondicionamiento térmico artificial. Además, se predetermina la ubicación y tamaño de los aventanamientos principales en cada una de las fachadas según la incidencia del sol y del viento durante todo el año y se visualizan las dimensiones de aleros y parasoles según las distintas orientaciones y latitudes.



4. Técnicas de instrumentación y verificación.

A través del diseño adecuado de los elementos de protección solar se puede lograr modificaciones deseables de las condiciones térmicas y lumínicas de los edificios y mejorar sustancialmente la calidad de vida, adaptándose a las exigencias de nuestra década. La aplicación de técnicas de instrumentación para el cálculo de aleros y parasoles permite reducir el impacto de la radiación solar sobre las fachadas y posibilita el re-dimensionamiento de aberturas para proporcionar sol en invierno y sombra en verano (Evans y de Schiller, 1995b).

Los alumnos realizan el cálculo de los elementos de protección solar para la latitud de Buenos Aires (34° 34' Sur) y para las orientaciones E, NE, N, NO, O y SO. En este ejercicio se proponen distintas alternativas formales de parasoles horizontales, verticales y combinados aplicables a edificios de oficinas para ventanas de distintos tamaños y proporciones a fin de elaborar las primeras conclusiones sobre el tamaño de las aberturas en relación a la orientación del edificio.

5. Aplicación de los aspectos conceptuales en el proyecto.

A partir de tres alternativas formales definidas por la Cátedra (planta cuadrada, rectangular y en forma de "L"), los alumnos analizan el comportamiento térmico de una de ellas, según el siguiente criterio metodológico:

- a) Trayectoria solar y forma edilicia: análisis de la forma del edificio respecto a la incidencia del sol en invierno y en verano. Definición de la orientación óptima para favorecer el aprovechamiento del asoleamiento invernal y reducir el impacto de la radiación solar en verano.
En general, los alumnos realizan este ejercicio en el Heliódón del LEB y proponen dos alternativas de orientación enumerando las ventajas y desventajas en cada caso.
- b) Ubicación de los núcleos sanitario y circulatorio según los requerimientos de confort térmico y lumínico. Según la forma pre-establecida y los requerimientos funcionales del edificio, los alumnos proponen alternativas de distribución funcional de los espacios de servicio y servidos para optimizar las condiciones de iluminación y ventilación natural y minimizar las pérdidas y ganancias de calor.
- c) Relación entre consumo energético y características térmicas de la envolvente edilicia. Propuesta y diseño de las características térmicas de todos los cerramientos del edificio para disminuir el consumo de energía necesario para su acondicionamiento artificial.
Así, establecen distintas relaciones y proporciones entre las superficies opacas y vidriadas para cada una de las orientaciones, según la aplicación de los conceptos de inercia térmica, aislación térmica y ganancia solar directa incorporados en etapas anteriores.
- d) Ubicación, forma, tamaño y orientación de aberturas para optimizar la ventilación natural, el asoleamiento invernal y evitar pérdidas de calor por infiltraciones y ganancias solares en verano.
- e) Diseño y dimensionamiento de aleros y parasoles para las distintas orientaciones según el método gráfico. Verificación en el Heliódón.
- f) Propuesta de incorporación y compatibilización de sistemas solares pasivos (ganancia directa, muro Trombe e invernaderos) y activos (colectores solares) en el proyecto.
- g) Propuesta de incorporación y combinación de sistemas no convencionales con el objetivo de optimizar el uso racional de la energía en el edificio, su adaptación al medio y a los recursos disponibles.

6. Balance Térmico.

Cálculo de pérdidas y ganancias de calor. Factores climáticos (temperatura exterior, velocidad de viento, precipitaciones y radiación solar), características del edificio (convección, conducción y radiación) y condiciones interiores de los locales (ganancias internas de calor por personas, iluminación, equipos, cocción, conductos, etc.). Este tema pertenece a la Unidad 2 del programa. Los conceptos y el método cuantitativo es desarrollado por profesores y docentes de la cátedra.

7. Conclusiones.

Elaboración de conclusiones sobre forma edilicia, confort térmico y consumo energético en relación a los resultados obtenidos en el ejercicio de balance térmico. Comparación con alternativas volumétricas propuestas por otros alumnos del taller.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PEDAGÓGICA

Del análisis, comparación y confrontación entre los resultados obtenidos y los propuestos inicialmente para el desarrollo y aplicación de esta propuesta surgen las siguientes conclusiones:

- La incorporación de la temática a partir del planteo de problemas y consecuencias ambientales que surgen por el diseño de edificios que no tienen en cuenta los conceptos relacionados con el consumo energético, el

mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo sustentable despierta gran interés en los alumnos y los introduce en un proceso reflexivo a partir de la formulación de nuevas preguntas.

- La ejemplificación de cada uno de los temas que se desarrollan en esta propuesta con casos de estudio planteados como “problemas de borde” y no como tema central a la disciplina, resulta una estrategia pedagógica apropiada para transferir conocimientos. En general, estos problemas de borde son planteados por los mismos alumnos a partir de sus propias inquietudes, demostrando un interés muy particular en los nuevos conocimientos adquiridos y su aplicación en proyectos desarrollados en otras materias de la carrera.
- La aplicación y compatibilización de los distintos métodos de visualización, instrumentación y cuantificación desarrollados en el proceso de aprendizaje ayuda al alumno a validar los conceptos y resultados obtenidos en los ejercicios propuestos.
- La aplicación de los conceptos adquiridos en las clases teórico-prácticas en la práctica proyectual a partir del “método experimental” constituye la instancia más importante del proceso de aprendizaje. Los resultados obtenidos con la aplicación de este método superan a los objetivos planteados inicialmente, ya que le permite al alumno integrar dichos conocimientos en su proyecto y analizar, verificar, evaluar y optimizar los resultados en cada una de las etapas de su proceso creativo.
- La evaluación de conocimientos se realiza en tres etapas. En la primera se evalúan las alternativas de diseño propuestas por el alumno para mejorar las condiciones ambientales del edificio a través de la aplicación de los aspectos conceptuales en el proyecto. En la segunda etapa se comparan los resultados de los balances térmicos obtenidos por los distintos alumnos y se elaboran conclusiones en grupo. Por último, se evalúan los conceptos teóricos adquiridos a través de un examen parcial y otro final.

El aporte más importante de esta propuesta es la introducción del enfoque bioambiental en una disciplina técnica de apoyo de carácter obligatorio a partir de la incorporación de un ejercicio proyectual. Además, la introducción de estos conceptos en los años iniciales de la carrera favorece su integración como parte fundamental en la formación del alumno.

En el transcurso de estos cuatro cursos se fueron incorporando modificaciones en el dictado de esta temática con el fin de alcanzar los objetivos propuestos. Así, en este último cuatrimestre, se inició el dictado de los tres niveles de la materia (Instalaciones I, II y III) con una clase introductoria sobre Uso Racional de Energía con el fin de valorizar su enfoque dentro de los objetivos generales propuestos por la Cátedra. Recientemente, el tema se incorporó oficialmente en el examen final para aprobar el tercer nivel de esta materia.

A raíz del creciente interés por parte de los alumnos y la necesidad de formar futuros docentes en esta materia, se está elaborando un programa de formación para ex-alumnos, con el fin de incorporarlos como auxiliares docentes en el próximo período académico y dar respuesta al creciente número de alumnos inscriptos. Asimismo, el desarrollo de futuras investigaciones sobre iluminación y ventilación natural en el ámbito del CIHE contribuirá notablemente al enriquecimiento y formación de los alumnos y docentes de esta materia.

REFERENCIAS

- Evans J. M. et al. (1988) Equipamiento del Laboratorio de Estudios Bioambientales. *Actas de la XIII Reunión de Trabajo de ASADES (Salta)*, INENCO-UNSa, Tomo II, p. 231-236, Salta.
- Evans J. M. y de Schiller S. (1995a) Diseño Bioambiental en Arquitectura: reflexiones sobre 12 años de enseñanza en la FADU-UBA. *Anais III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, Sattler M. A. y da Costa Silva H. (Eds), p. 121-126, Brasil.
- Evans J. M. y de Schiller S. (1995b) *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Ediciones*, 3ra. Edición. FADU-UBA, Buenos Aires.
- Fernández A. y de Schiller S. (1993) *Viento en espacios urbanos: desarrollo y aplicación de una metodología de evaluación*. Cuaderno de Investigación Nº 1, CIHE-FADU-UBA, Buenos Aires.
- Fernández A. (1995) Diseño bioambiental y eficiencia energética en la carrera de arquitectura de la FADU-UBA. *Actas de la XVIII Reunión de ASADES (San Luis)*, INENCO-UNSa, Tomo 3, p. 12.51-12.54, Salta.
- IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1980) *Norma IRAM 11.603: Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Acondicionamiento térmico de edificios*, Buenos Aires.
- Sarquis J. (1995) *El procedimiento proyectual como problema en el contexto de una teoría crítica de la arquitectura*, Centro POIESIS, FADU-UBA, Buenos Aires.

MAESTRÍA Y ESPECIALIDAD EN ENERGÍAS RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

Graciela Lesino y Judith Franco
INENCO - Instituto UNSa-CONICET
Calle Buenos Aires 177-4400 Salta, Argentina
Tel.: 54 87 255424 - Fax: 54 87 255489
E-mail: lesino@unsa.edu.ar francoj@unsa.edu.ar

RESUMEN

Se presentan los Planes de Estudios de las carreras de Especialidad y Maestría en Energías Renovables a implementarse en la Universidad Nacional de Salta. El plan de estudios consiste en un conjunto de asignaturas obligatorias que constituyen el marco conceptual de la maestría y la especialidad, de un área instrumental y de un área de integración. El área instrumental comprende temas de computación e inglés. La integración se realiza mediante un taller. Podrán existir asignaturas de cursado a distancia.

1. OBJETIVOS DE LA ESPECIALIDAD Y LA MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

1.1. Fundamentos

Los países en vías de desarrollo y, en particular, la región que comprende el norte de Argentina y Chile, Bolivia, sur de Perú y Paraguay, requerirán un mayor consumo energético para continuar su crecimiento económico ya que su potencial de ahorro y racionalización es limitado. Esto, sumado a la baja densidad de población y a los recursos disponibles, los tipifica como muy aptos para el aprovechamiento de energías renovables.

Para que ese incremento de consumo energético sea sustentable, el incremento de la oferta energética se debe realizar atendiendo a tres aspectos: a) las energías renovables; b) el uso racional de la oferta existente y c) la eficientización de la gestión energética.

La propuesta de apertura de una carrera de especialista y de maestría en energías renovables viene a llenar una necesidad importante de capacitación de técnicos y profesionales en el tema, en la región mencionada.

En los últimos años se ha registrado una mayor demanda en estos temas, habiéndose recibido numerosos pasantes de otras provincias y países limítrofes que necesitan capacitarse en la resolución de este tipo de problemas energéticos.

No existe oferta académica formal en esta área en la región. Dentro de la UNSa hay una larga trayectoria y vinculaciones nacionales e internacionales en el tema, contándose ahora con una Licenciatura en Energías Renovables.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos de la maestría

Los objetivos de la Maestría serán:

- Ampliar y profundizar la formación de profesionales específicamente en el área del uso racional de la energía y de las energías renovables creando capacidad de analizar los recursos existentes, proponer la utilización de distintos sistemas, evaluar su adecuación y conveniencia y realizar proyectos que respondan a las necesidades planteadas, con conciencia de los impactos ambientales.

- Desarrollar mayor capacidad de investigación autónoma mediante una formación teórica y práctica integrada.

1.2.2. Objetivos de la especialidad

- Ampliar y profundizar la formación de profesionales específicamente en el área del uso racional de la energía y de las energías renovables en un marco de sustentabilidad ambiental.

1.3. Título

Se expedirán los títulos de Especialista de la Universidad Nacional de Salta en Energías Renovables y de Magister de la Universidad Nacional de Salta en Energías Renovables.

Para obtener el título de Especialista se deberá aprobar las materias correspondientes al plan de estudios y un trabajo final.

Para obtener el título de Magister se deberá aprobar las materias obligatorias del Plan de Estudios, obtener el número de créditos requeridos en los temas optativos y aprobar la Tesis.

2. PERFIL ACADÉMICO

2.1. Perfil Académico del Especialista

El Especialista en Energías Renovables es un egresado universitario que tiene capacidad de analizar los recursos energéticos renovables existentes y proponer distintos sistemas de aprovechamiento de los mismos.

2.2. Perfil Académico del Magister en Energías Renovables

El Magister en Energías Renovables es un egresado universitario con capacidad de analizar los recursos existentes, proponer la utilización de distintos sistemas, evaluar su adecuación y conveniencia, realizar proyectos que respondan a las necesidades planteadas, con conciencia de los impactos ambientales e investigar en el área.

3. PLAN DE ESTUDIOS Y CONTENIDOS MÍNIMOS

3.1. Estructura Curricular

Existen dos posibilidades de organización de la estructura curricular que llamaremos horizontal y vertical:

Se entiende por horizontal tratar por grupos en un mismo módulo el análisis de recursos (todos ellos), la generación eléctrica eólica, solar, con biomasa, etc.

Se optó por una estructura vertical que significa analizar cada recurso, hasta el nivel de mayor profundidad a que se llegará, en un sólo módulo. La razón de esta elección es de tipo práctico ya que favorece el dictado por especialistas de cada tema que eventualmente no residan en Salta, y otra de tipo metodológico ya que permite la integración conceptual del tema completo.

El plan de estudios consiste entonces en un conjunto de asignaturas obligatorias que constituyen el marco conceptual de la maestría y la especialidad, de un área instrumental y de un área de integración. El área instrumental comprende temas de computación e inglés con asignaturas que podrán aprobarse mediante su cursado o bien rindiendo una prueba de suficiencia. La integración se realiza mediante un taller.

3.2. Contenidos Mínimos

3.2.1. Requerimientos Instrumentales

Computación
Acceso a la Información
Procesadores de textos
Software de Cálculo, Simulación y Graficación

Inglés
Comprensión de textos científicos y técnicos

3.2.2. Asignaturas

3.2.2.1 Asignaturas obligatorias

Curso 1. Energética General y Medio Ambiente
Problemática energética.
Ciclos termodinámicos.
Transferencias de calor y masa
Generación convencional térmica a media y baja temperatura.
Acumulación.
Problemas ambientales.
Análisis de costos.

Curso 2. Medición e instrumentación
Sistemas de toma de datos
Sensores
Tratamiento de datos

Curso 3. Energía Eólica y Microturbinas
3.1. Energía Eólica
Recurso.
Aplicaciones: Generación Eléctrica
Bombeo
Sistemas Híbridos
3.2. Microturbinas
Recurso
Aplicaciones: Generación Eléctrica
Bombeo

Curso 4. Energía Solar
Recurso
Aplicaciones: Solares térmicas de baja temperatura:
Secado,
Agua sanitaria,
Agua potable,
Invernaderos
Pozas solares
Acondicionamiento de Edificios
Sistemas fotovoltaicos

Curso 5. Energía Geotérmica

Recurso.
Prospección.
Explotación.
Análisis económico.

Curso 6. Energía de biomasa

Recurso
Procesos
Análisis económico

Taller de Integración

Planteo de un problema "real"
Posibles soluciones
Análisis económico comparativo.

3.2.2.2. Ejemplos de actividades para la obtención de Créditos:

Visualización de Flujos, Termografía
Producción de Software
Instalación de equipos
Ensayo de equipos
Geotermia avanzada
Calibración de aparatos de medición.
Métodos Ópticos
Propiedades de materiales
Evaluación de proyectos de inversión en energías renovables
Uso Racional de Energía
Sistemas mini y micro hidráulicos
Sustentabilidad tecnológica
Aspectos sociales de las energías renovables
Cultivos para la producción de energía

3.2.3. Trabajo Final para la obtención del Título de Especialista

El trabajo final deberá ser una monografía asociada a algún proyecto de investigación, desarrollo y/o transferencia.

3.2.4. Tesis de Maestría

La Tesis de Maestría contendrá un avance en el conocimiento del tema o un aporte a la solución de problemas específicos y deberá demostrar destreza en el manejo conceptual y metodológico inherentes al mismo (Res. 251/91 del Consejo Superior de la Universidad Nacional de Salta).

3.2.5. Calificación del Trabajo Final y de la Tesis

Ambos se calificarán con la siguiente escala:

No aceptable
Aceptable
Bueno
Muy Bueno
Sobresaliente

4. DEDICACIÓN HORARIA Y RÉGIMEN DE CURSADO

El curriculum de la Especialidad está constituido por las asignaturas que figuran en el Cuadro I, con la carga horaria que allí se explicita.

El curriculum de la Maestría está constituido por las asignaturas que figuran en el Cuadro I, con la carga horaria que allí se explicita y 6 créditos.

El número de créditos correspondientes a una actividad será determinado por el Comité Académico e incluirá la preparación de las evaluaciones. En líneas generales, un crédito corresponde a 10 horas de trabajo del alumno.

Cuadro I

Curso	Especialidad	Maestría	Tema	Nº de hs. total
1	x	x	Energética General y Ambiente	80
2		x	Medición e Instrumentación	40
3	*	x	Energía Eólica y Microturbinas	80
4	x	x	Energía Solar	80
5	*	x	Energía Geotérmica	40
6	*	x	Energía de Biomasa	80
Inglés	x	x		40
Computación	x	x		40
Taller de integración	x	x		80
Trabajo final de Especialidad	x			---
Créditos de Maestría		x		6 x 10 = 60
Tesis de Maestría		x		---

x - obligatorias

* - dos de las tres marcadas

HORAS TOTALES DE LA ESPECIALIDAD **360 - 400 HORAS**
(NO INCLUYE EL TRABAJO FINAL)

HORAS TOTALES DE LA MAESTRÍA **620 HORAS**
(NO INCLUYE LA TESIS)

5. CONDICIONES DE ADMISIÓN PARA LA ESPECIALIDAD Y LA MAESTRÍA

5.1. Requisitos para la Inscripción

- Ser graduado universitario (mínimo 4 años) de carreras que en opinión del comité académico constituyen una adecuada base para comenzar estos estudios.
- Presentar curriculum vitae y formulario de inscripción.
- Eventual entrevista por el Comité Académico para evaluar motivación y formación.
- El Comité puede recomendar un estudio previo y evaluación de temas específicos para nivelar la formación de los postulantes.

6. CONSTITUCIÓN DEL COMITÉ ACADÉMICO

La Especialidad y la Maestría tendrán un Comité Académico integrado por el Director y por lo menos dos miembros, los que deberán tener título de igual o mayor jerarquía o reconocido prestigio en el área. Serán designados por el Consejo Directivo. El Comité Académico entenderá en los aspectos académicos, de gestión y de seguimiento de los candidatos.

7. CONDICIONES DE LOS TUTORES DE TRABAJO FINAL Y DIRECTORES DE TESIS

7.1. Tutores de Trabajo Final para la Especialidad

Serán elegidos entre los docentes de la Especialidad o bien fuera de la Institución. Deberán tener título equivalente o mayor o reconocido prestigio en el área.

7.2. Directores de Tesis de Maestría

Los Directores de Tesis deberán tener título de Magister o Doctor o reconocido prestigio en el área de investigación de la Tesis. Podrá existir un Codirector que deberá cumplir los mismos requisitos que el Director. Son funciones de los Directores de Tesis guiar al alumno para la elaboración del proyecto y la elaboración de la tesis y asistir a la evaluación de la misma.

8. FORMA DE CUMPLIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS CURSOS Y APROBACIÓN DE LA TESIS.

El docente de cada asignatura establecerá el régimen de cursado, previamente a su dictado. Podrán existir asignaturas de cursado a distancia. Se procurará la utilización de INTERNET y del correo electrónico para la modalidad a distancia.

La evaluación de las asignaturas será por examen final y/o presentación de carpeta de trabajos prácticos y/o presentación de informes de trabajos de campo y/o trabajos monográficos.

DISEÑO, CONSTRUCCION Y EXPERIMENTACION DE UN HORNO SOLAR COMO EXPERIENCIA EDUCATIVA EN EL NIVEL MEDIO DE ENSEÑANZA.

¹ C. Filippin, ² A. Médici, ³ M. García, ⁴ A. Staudinger, ⁴ M. Carrasco.
C.C. 302 (6300) Santa Rosa, La Pampa Tel Fax 0954-34222- E-mail: evigliz@inta.gov.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta la fundamentación y los objetivos de un Proyecto Educativo Institucional para el diseño, construcción y experimentación de un horno solar. El proyecto está enmarcado en la necesidad de encauzar la capacidad técnica y humana para el fortalecimiento de las actividades innovativas en el ámbito educativo, la construcción social del saber y la cooperación en el desarrollo científico-tecnológico. El horno está formado por un reflector en forma de casquete esférico protegido con una cáscara exterior de chapa metálica. Una aislación de lana de vidrio y poliestireno expandido se ubica entre la cara interna y externa del casquete. Un vidrio y un policarbonato alveolar integran la tapa del horno. Fue factible la cocción de alimentos con el aprovechamiento de la energía solar.

INTRODUCCION

La cocción de alimentos es una actividad cotidiana en la que intervienen factores como la salud, la nutrición, el simple placer de la gastronomía. Desde el punto de vista energético, cocinar es fundamentalmente utilizar el calor, y por lo tanto la energía, para la transformación de los alimentos. Con anterioridad al siglo XVII se realizaron experimentos para calentar y quemar sustancias. En 1767 se construyen los primeros colectores basados en el efecto invernadero, que utilizados posteriormente para la cocción de alimentos, alcanzaron temperaturas de 80°. En 1837 en el sur de Africa, un astrónomo construye una caja para medir la radiación solar y calentar alimentos. En 1868 se construye un horno solar mediante un espejo curvo para fundir diversos metales. Uno de los primeros hornos solares en España fue realizado en Barcelona, entre 1925 y 1930, constituido por una gran lente sostenida por una estructura metálica que podía girar alrededor de un eje horizontal para orientarse al sol. En 1952 se construyó en Francia un gran horno solar que consistía en un espejo parabólico. Se llegó a alcanzar temperaturas de 2.800°. En 1970 se construye el mayor horno solar nuevamente en Francia. Sherry Cole y Barbara Kerr desarrollan en Arizona, en 1970, varios modelos de cocinas solares de bajo costo. Dan Halacy fabrica su Cocina Solar 30-60 y en los años 1980 se popularizó el 'Solar Chef', de Sam Erwin y el 'Sunspot' de Bud Clevette. En 1960, las Naciones Unidas evalúa la posibilidad real de implementación y desarrollo de cocinas solares, 'la cocina solar es un instrumento idóneo y solamente es necesario un poco de voluntad y una cierta adaptación de las costumbres para poder iniciar su utilización a gran escala' (Yañez, G., 1982) (Centro de Estudios de la Energía Solar, 1994). Bernard, R. (1990), construye y experimenta una cocina solar usando un reflector asimétrico. Habeeb et al. (1990), estudia la performance de una nueva cocina solar comparada con la performance de una convencional, tipo caja. Adiciona un tubo contorneado de cobre colocado sobre una superficie absorbente para producir agua caliente. Grupp, M., 1990, considera algunos problemas técnicos de las cocinas distribuidas: no son prácticas, no son suficientemente versátiles y durables. Las clásicas cajas son prácticas en su uso pero su performance térmica es pobre. Los concentradores parabólicos poseen una buena eficiencia térmica y alcanzan altas temperaturas. Esteves, A. y Cortegoso, L., 1994, describen proyectos de cocinas solares construidas sobre la base de parábolas y reflectores exteriores. En este contexto, alumnos de 5º año Construcciones Civiles, maestros de taller y docentes diseñan, construyen y experimentan un horno solar.

PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL

Fundamentación: El presente proyecto: 'Construcción de un Horno Solar', forma parte de un Proyecto Educativo Institucional de la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1 de la ciudad de Santa Rosa. Está enmarcado en la necesidad de encauzar la capacidad técnica y humana para promover el fortalecimiento de las actividades innovativas en el ámbito educativo, la construcción social del saber y la cooperación en el desarrollo científico-tecnológico. Se intentará a través del proyecto una verdadera integración y la internalización de contenidos, conceptuales (el saber), procedimentales (el saber hacer) y actitudinales (el saber ser). El consumo de energía convencional tiene consecuencias negativas sobre la conservación del medio ambiente, el efecto invernadero y los posibles cambios climáticos por sobrecalentamiento de la atmósfera, la lluvia ácida y su capacidad de destruir las masas arbóreas, la capacidad de contaminación de los residuos radiactivos, la capa de ozono, son facetas negativas ligadas al consumo ineficiente de la energía. Ahorro de energía, uso racional de la energía, eficiencia energética, conservación de la energía, desarrollo sustentable, etc., son contenidos conceptuales que el alumno irá internalizando en el transcurso de la investigación. Los contenidos procedimentales referidos al saber hacer, implicará la construcción y la experimentación de un horno solar.

Evaluar el recurso solar disponible en la región, medir la performance o rendimiento del horno diseñado y construido, manejar variables climáticas, integran los contenidos procedimentales. Los contenidos actitudinales, referidos al saber ser, serán un

¹ Investigadora de CONICET, Docente de la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1.

² Docente de la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1.

³ Maestro de Taller de la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1.

⁴ Alumnos de 5º Año Construcciones Civiles I. EPET N°1

verdadero desafío. El alumno debe comprometerse socialmente, debe defender y preservar el planeta Tierra para sí y para las generaciones futuras. Debe involucrarse con el principio de equidad social, principio ligado estrechamente a la distribución del bienestar en una sociedad.

Marco Institucional: *Objetivo:* diseño, construcción y experimentación de un horno solar inscripto en un objetivo integrador que es, el aprovechamiento de manera racional y sostenible de los recursos naturales mejorando la calidad de vida y del ambiente. *Meta:* se analizó previamente la viabilidad y factibilidad de alcanzar el objetivo del proyecto. Es una meta, experimentar la performance del horno solar construido, ratificar o rectificar las hipótesis planteadas en el proyecto. El alumno monitorea las condiciones de temperatura alcanzada en el horno para distintas condiciones climáticas en el ambiente exterior y evalúa los distintos periodos de cocción para diversos alimentos. Evalúa costos y sus posibles reducciones. *Beneficiarios:* directamente el alumno, por su enriquecimiento científico-educativo. La enseñanza y el aprendizaje por medio de la experiencia, tanto de la fabricación como del uso de una cocina solar constituye una práctica didáctica excelente. Indirectamente, toda la comunidad. El uso de energías renovables, en este caso en particular, para la cocción de alimentos, significa reducir las emisiones de CO₂, restringir la deforestación para la obtención de leña en las áreas rurales, disminuir el consumo de energía convencional. *Localización física y cobertura espacial:* el proyecto se desarrolló en la Escuela Provincial de Educación Técnica N°1, de Santa Rosa, La Pampa. Los resultados podrán transferirse a la comunidad de toda la región pampeana. *Especificación operacional de las actividades:* la construcción del horno involucro tareas de búsqueda de antecedentes, análisis de la información, diseño, dimensionamiento de las partes del horno, armado y soldadura de los elementos, pintado y protección del elemento construido. *Recursos Humanos:* participaron activamente en el proyecto, alumnos de quinto año Construcciones Civiles I, docentes, investigadores y maestros de taller.

PRODUCTO TERMINADO

Las Figuras 1 y 2, muestran el proceso de construcción del horno solar. El horno ha sido construido con un reflector, existente en el establecimiento, en forma de casquete esférico facetado de 0,71 m de diámetro. Una cascara exterior de chapa metálica protege la aislación de lana de vidrio y poliestireno expandido. La tapa está formada por un vidrio y un poliuretano alveolar. El conjunto está montado sobre un caballete con ruedas para facilitar su deslizamiento y un pivote, según su eje principal, permite girar el conjunto manteniendo siempre la parrilla, de apoyo del recipiente, en forma horizontal. Un engranaje con una traba mantiene el conjunto en la posición deseada. Para definir la ubicación de la parrilla de soporte del recipiente fue necesario especificar la distancia focal. Se calcula la superficie lateral del casquete esférico en función de, $2\pi r h$ ó $\pi(a^2 + h^2)$. Siendo $2a=71\text{cm}$ y $h=23,5\text{cm}$, r alcanza un valor de 38,6cm. El foco se ubica entonces a la mitad del radio. Si bien el 30 de Julio no está aún concluido el horno, en cuanto a su hermeticidad, se inicia la etapa de experimentación. Se analizan las temperaturas alcanzadas en el interior del horno y el tiempo de cocción de distintos tipos de comidas. Las variables climáticas exteriores son registradas por un equipo MFTOS 93. El 4 de agosto, con cielo claro, se cocina un guiso de arroz. A las 13 hs., con una radiación global sobre superficie horizontal y una temperatura ambiente de 71,4 W/m² y 8°C, respectivamente, el horno alcanza los 65°C. La comida está lista luego de 3 hs de cocción. El 7 de agosto, el horno ha mejorado su hermeticidad en el cierre de la tapa. Un kilo de matambre se coloca en la olla a las 9,30hs. A las 13 hs., con cielo claro, el horno alcanza una temperatura interior, junto a la olla, de 90°C (64,3 W/m² y 10,6 °C, de radiación global sobre superficie horizontal y 12,4°C de temperatura exterior, son registrados a las 13 hs.



Fig. 1: Armado del horno



Fig. 2: Armado del horno

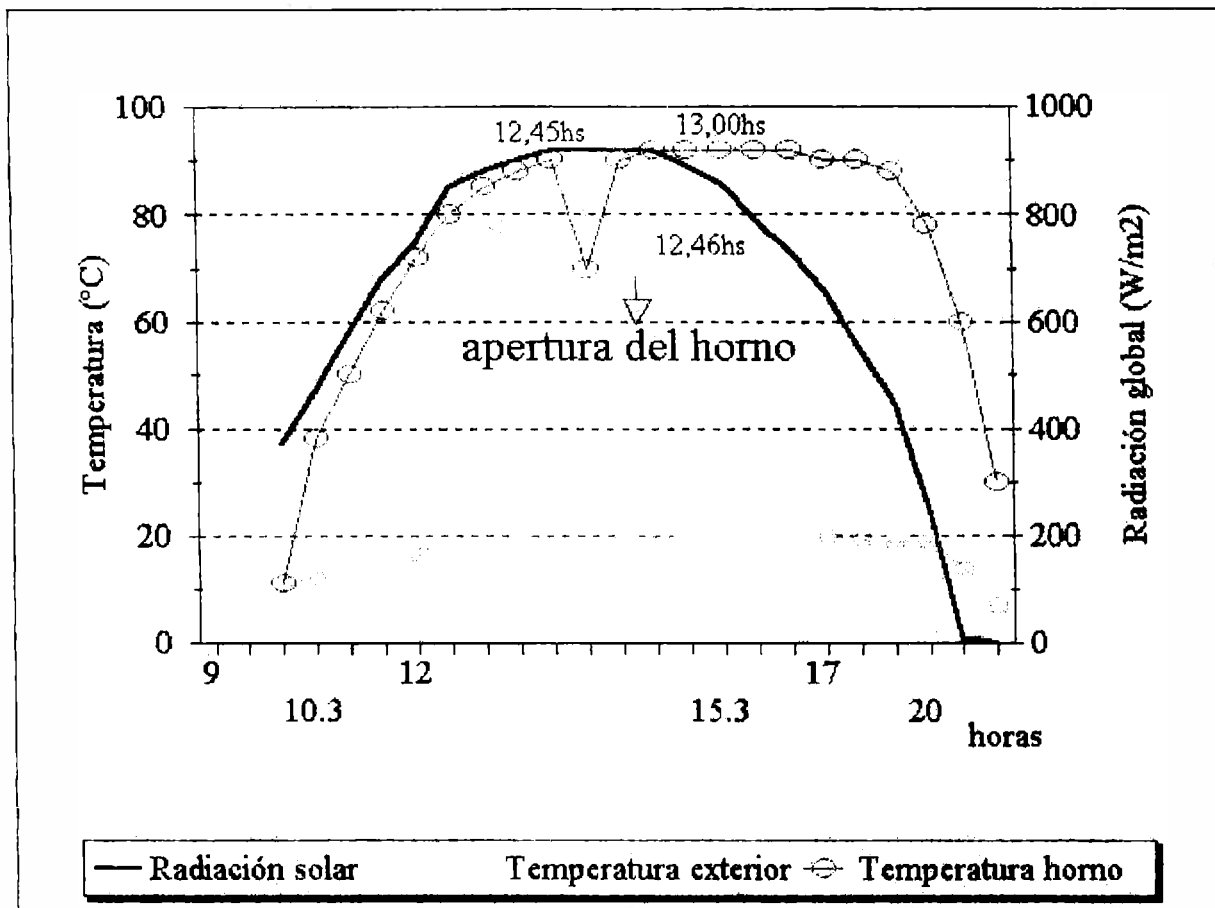


Fig. 3: Evolución de la radiación solar y temperatura ambiente para el 14 de septiembre y comportamiento térmico del horno.

La Fig. 3 muestra el comportamiento térmico del horno para el día 14 de septiembre, nuevamente con ciclo claro. Las mediciones en esta oportunidad se prolongan aún, después de sacar el recipiente. El horno pierde 20 °C en la apertura. Cerrado nuevamente, a los 15 minutos, recupera los 90°C, temperatura que aún se mantiene hasta aproximadamente las 19hs. La Fig. 4 muestra el horno terminado.



Fig. 4. Horno terminado

CONCLUSIONES

El diseño, construcción y experimentación del horno solar, en la escuela EPET N1^o, permitió fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje como relación ontológica en el marco de la relación teoría-práctica, base de una experiencia educativa. Permitió fortalecer un trabajo interdisciplinario que favoreció la construcción del saber, del saber ser y del saber hacer. Fue factible la cocción de alimentos con el aprovechamiento de la energía solar. En el mes de septiembre, para un día de cielo claro, la rápida recuperación de la temperatura ante la apertura, para sacar el recipiente, permitiría incorporar un segundo alimento para su cocción. Los tiempos de cocción necesarios en el horno solar fueron más largos a los requeridos en una cocina a gas ó eléctrica. Una experiencia desarrollada por los alumnos al inicio del proyecto indicó que la cocción de un Kg de matambre en un horno eléctrico insumía una hora. El horno solar insume tres horas en el mes de agosto en un día de cielo claro.

BIBLIOGRAFIA

- Bernard, R. (1990) Safe Solar Cooking. In Proceedings IST World Renewable Energy Congress, pp 854 -857. Reading, Inglaterra.
- Censolar, Centro de Estudios de la Energía Solar (1994) Cocinas Solares. Manual de uso y construcción. Artes Gráficas Gala, S.L., España.
- Esteves, A. y Cortegoso, L. (1994) Concurso de Diseño de Cocinas Solares. In Actas de la 17^o Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar, pp 33-38. Rosario, Argentina.
- Grupp, M., (1990) Solar Cooking-Lessons from the past. Hopes for the future-. In Proceedings World Renewable Energy Congress, pp 854 -857. Reading, Inglaterra.
- Habeeb, S.K., Al-Karaghoul, A.A. y Hasson, A.M. (1990) Multi-Purpose Solar Cooker. In Proceedings IST World Renewable Energy Congress, pp 1296-1301. Reading, Inglaterra.
- Yañez, G., (1982), Energía Solar, edificación y clima. Ministerio y Obras Públicas y Urbanismo, pp.1-27. Servicio de Publicaciones, Sucesores de Rivadeneira, S.A., Madrid.

IMAGENES Y ANIMACIONES SOBRE TRAYECTORIAS SOLARES IMAGENES PARA INCORPORAR A VIDEOS EDUCATIVOS

Claudio A. Delbene y John M. Evans
Centro de Investigación Hábitat y Energía
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires
CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal, Argentina
Fax: 782-8871 E-mail: cladel@fadu.uba.ar - evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

La visualización de la trayectoria solar en movimiento y su influencia en proyectos edilicios asegura una efectiva comprensión en el estudio de la arquitectura en relación al medio. Este trabajo presenta ejemplos de imágenes generadas en una simulación virtual del movimiento solar realizado en computadora, la metodología aplicada para su realización e incorporación a videos y una evaluación de los resultados. Estas imágenes permiten visualizar las sombras y sectores iluminados por el sol en distintas épocas del año y a distintas horas del día, y mostrar su influencia en proyectos desde distintos puntos de vista. Las imágenes generadas pueden ser estáticas factibles de incorporar a publicaciones o dinámicas para incorporar a videos para fines de presentación, de investigación o de enseñanza.

PALABRAS CLAVES

Helidón, trayectoria solar, animación computada, protección solar, arquitectura solar, imágenes computarizadas

INTRODUCCION

El sol como fuente no convencional de energía debe ser considerado en el momento de definir pautas y estrategias de diseño y genera la necesidad de incorporar los conceptos y el estudio de la trayectoria solar para poder determinar la forma de aprovecharlo o protegerse. [1]

Los proyectos edilicios que intenten responder a los factores climáticos, fuentes naturales de energía e iluminación natural durante la etapa de diseño, crean la necesidad de estudiar y conocer las formas y comportamiento de dichos factores.

Interpretar la geometría solar y la variación de los ángulos de incidencia durante el año y la latitud en estudio es el punto de arranque para comprender y responder al movimiento aparente diario del sol y su influencia sobre los espacios exteriores e interiores del proyecto en estudio.

Ante la necesidad de obtener imágenes comprensibles para desarrollar estos estudios se optó por generar animaciones utilizando una maqueta computarizada realizada en Autocad 12 y exportarla a 3dstudio para lograr el movimiento.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo consiste en generar una base de imágenes en color que permitan una clara interpretación de la gráfica de la trayectoria solar con las variaciones diarias y anuales, facilitar la comprensión del sistema y verificar la influencia solar en distintos puntos a distintas escalas.

La animación de la trayectoria solar permite una visualización de la geometría solar, facilitando la comprensión de la variación de proyecciones de sol y sombras producidas para evaluar la influencia solar en proyectos.

Estas imágenes estáticas o dinámicas pueden ser incorporadas a textos o videos educativos y teniendo en cuenta el avance tecnológico y el uso más generalizado de computadoras desarrollar un sistema que permita un aprendizaje interactivo de la trayectoria solar.

METODOLOGIA

La metodología empleada para realizar las animaciones y las imágenes sigue los lineamientos del trabajo 'Simulación virtual del movimiento solar por computadora. Visualización tridimensional de la trayectoria solar en proyectos' presentado en la XIX Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata en 1996 [2] y una evaluación de distintos métodos para verificar asoleamiento [3].

La implementación de recursos gráficos estáticos y animados en el área educativa facilitan la comprensión de formas geométricas complejas tales como la trayectoria solar.

La utilización de AutoCAD 12 como programa que permite generar una maqueta tridimensional medible y su compatibilidad de uso con el programa 3Dstudio utilizado para generar imágenes materializadas y animadas convierte a estos sistemas en herramientas muy útiles y de apoyo al área educativa.

Las técnicas utilizadas para generar las imágenes estáticas o en movimiento, permite obtener:

- Imágenes y animación del movimiento solar en un día completo hora por hora.
- Imágenes del movimiento solar durante el año para una hora determinada.
- Imágenes de la variación del sistema de trayectorias según la latitud.
- Verificar el asoleamiento y sombras en espacios exteriores y fachadas.
- Visualizar la incidencia sobre superficies vidriadas y molestias del sol directo sobre planos de trabajo.
- Evaluar el asoleamiento sobre sistemas solares.
- Controlar el funcionamiento de parasoles.

La comprensión de los gráficos de trayectoria solar pueden facilitarse al visualizarse a distintas escalas y desde diferentes puntos de observación :

- Desde puntos de vista exteriores a la trayectoria solar,
- Desde puntos exteriores e interiores de proyectos o
- Desde escalas de detalles específicos (parasoles, aleros, etc.)
- En perspectiva, en planta y en vista

DESARROLLO

Para genera la siguiente serie de imágenes se siguieron los siguientes pasos

1.- Se construyó la trayectoria solar de los solsticios y equinoccios para 0° de latitud según un eje de rotación E-O, figura 1, inclinandola respecto a su eje según la latitud. Las dimensiones deben permitir visualizar las proyecciones de sol en forma relativamente paralela.

2.- Se generó una cúpula transparente y una base que ayude a visualizar las curvaturas de la trayectoria. (Figura 2).

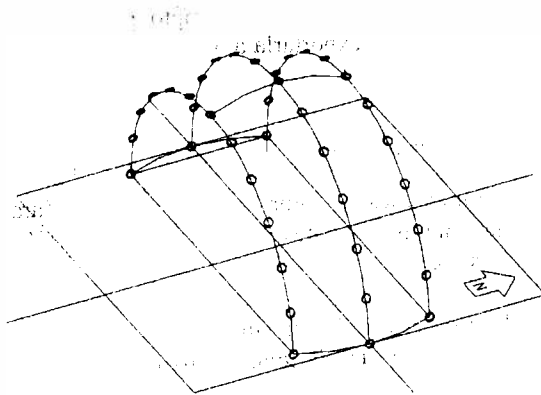


Figura 1. Trayectoria solar de los solsticios y equinoccios para 0° de latitud

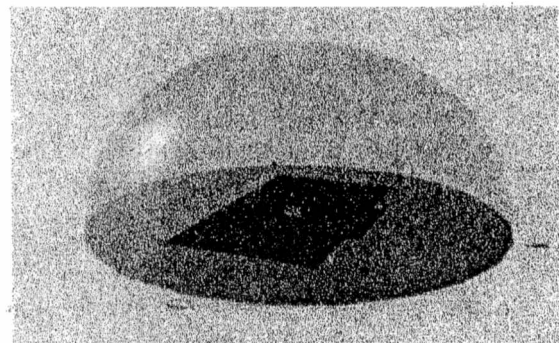


Figura 2. Cúpula envolvente del sistema.

3.- Se materializó un sol esférico que se movilice a lo largo de las trayectorias para mejorar visualización y comprensión.

4.- Se incorporó un proyecto en estudio en el centro del sistema

5.- Se ubicaron luego tres cámaras en puntos exteriores al sistema, dos exteriores al proyecto, una interior y una para verificar funcionamiento de aleros y se realizaron animaciones para los solsticios y equinoccios estudiando la incidencia del sol sobre el edificio.

Con estos elementos como base y con el manejo de luces (soles virtuales) y ubicando distintas cámaras se pueden lograr entre otras las siguientes imágenes. (Figs. 3 a 7)



Figura 3. Perspectiva exterior a la trayectoria del sol, con ubicación del sol a las 10 hs. para los solsticios y equinoccios. Visualización de las trayectorias

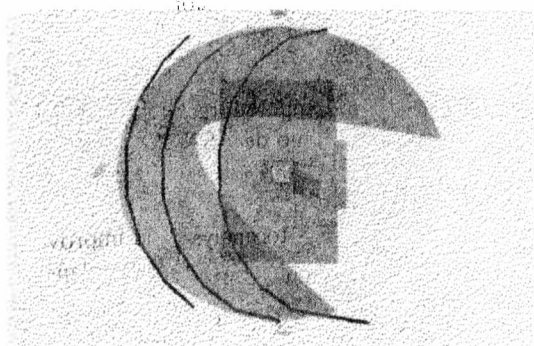


Figura 4. Planta de la trayectoria del sol, con ubicación del sol a las 10 hs. para los solsticios y equinoccios. Visualización y comprensión de textos.

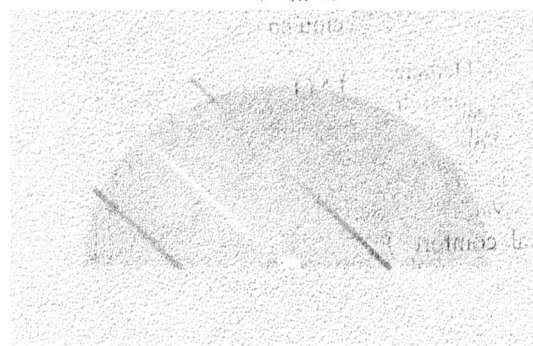
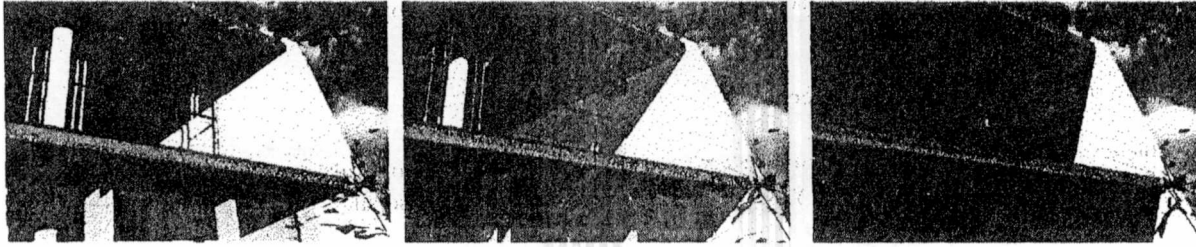


Figura 5. Vista lateral de la trayectoria mostrando la variación del sol para una misma hora en distintas épocas del año.



Figura 6. Planta y perspectivas exterior e interior al proyecto en estudio con proyección de sombras y control de asoleamiento sobre fachadas para las 10 hs. en invierno



INVIERNO

EQUINOCCIO

VERANO

Figura 7. Perspectiva de detalle de aleros a las 10 horas en distintas épocas del año.

CONCLUSIONES

Imágenes gráficas estáticas y animadas en color facilitan la comprensión de formas geométricas complejas de la trayectoria solar en el área educativa, adicionalmente a aplicaciones en investigación y presentaciones de trabajos de asesoramiento.

REFERENCIAS

- [1] S. Szokolay, Solar Geometry, PLEA Notes 1, University of Queensland, Brisbane, 1996 (Versión adaptada en castellano en preparación en el CIHE)
- [2] Claudio Delbene - J.M.Evans, Simulación virtual del movimiento solar por computadora. Visualización tridimensional de la trayectoria solar en proyectos. Actas de la XIX Reunión de Trabajo de ASADES, Mar del Plata. Tomo 1 - Pags. 06.51 - 06.54, (1996)
- [3] J.M.Evans, S.de Schiller, Design for low angle sunlight in high latitudes techniques to analyse and improve visual comfort. Proceedings, PLEA'97. Passive and Low Energy Architecture, Espoo-Otaniemi, Finland. Volume 2. Pag. 813-819, (1997)

DISEÑO DE MÓDULOS PARA ABERTURAS. EXPERIENCIA DOCENTE EN LA CÁTEDRA DISEÑO DE PRODUCTOS II. CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL DE LA U.N.CUYO.

Andrea Pattini*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)

Ave. Dr. Ruiz Leal s/n - Tel.. 288797 - Fax 288270 - E- mail: CRICYT@lanet.losandes.com.ar

Marcelo Vernhes, Marina I. de Armani, Daniel Gimenez**

Cátedra de Diseño de Productos II, Escuela de Diseño, Carrera de Diseño Industrial. Especialidad Productos.
Facultad de Artes, Universidad Nacional de Cuyo.

RESUMEN

Este trabajo presenta la metodología utilizada para un ejercicio de diseño de productos la Cátedra de Diseño de Productos II, de tercer año de la Carrera de Diseño Industrial, especialidad Productos, de la Escuela de Diseño, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Cuyo realizara para incluir la temática de ahorro y conservación de energía en productos susceptibles de diseño industrial, dentro de los ejercicios de diseño propuestos a los alumnos de 3 año.

Esta experiencia fue realizada a través de una invitación a compartir un ejercicio de diseño con los alumnos de la misma, dentro del programa regular anual de la mencionada Cátedra. El proyecto propuesto fue el diseño de una carpintería energéticamente eficiente con la incorporación de estrategias de diseño termo-lumínicas incorporado como proyecto N°4 (último del año) debido al grado de complejidad del mismo.

Se comenzó con un encierro de 5 horas duración. El proceso fue evaluado en dos etapas, una individual y una grupal. La presentación final consistió en la entrega de un Modelo del producto en escala 1:2, maqueta del o de los perfiles utilizados en escala 1:1. Una Carpeta con las posibilidades de uso, ficha técnica, Informe técnico sobre aspectos funcionales, operativos, constructivos, tecnológicos y montaje, explosión con listado y despiece de planos de las piezas.

INTRODUCCIÓN

La Cátedra de Diseño de Productos II, de tercer año de la Carrera de Diseño Industrial, especialidad Productos, de la Escuela de Diseño, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Cuyo, tiene por objetivos pedagógicos:

+ Ampliar la habilidad para proyectar formas tridimensionales y objetos en general de acuerdo con las siguientes pautas: Del objeto en sí, de como se plantea el proyecto, de cómo se concreta, en relación al usuario.

+ Aplicar conductas metódicas en la confección de los proyectos.

+ Profundizar en el conocimiento de objetos, en especial envases.

El desarrollo de estos objetivos se lleva a cabo a lo largo del año a través de:

Proyectos: 4 proyectos de variada complejidad, con el fin de ampliar, perfeccionar la capacidad de diseñar, mediante el ejercicio proyectual, metódicamente practicado.

Teoría: Estos ejercicios prácticos son acompañados con dictado de teoría, para complementar la práctica proyectual con la adquisición de conocimientos sobre los objetos, en particular los envases, la estética, el proyecto de diseño, sus componentes y la ilustración.

Encierros: se refiere a la realización de prácticas intensivas de análisis de objetos, artificiales o naturales, en forma guiada. Practicar actividades de análisis y generación de soluciones en forma grupal. Cada uno de estos encierros consiste en una sesión de cinco horas de duración. En la misma se desarrollan análisis o generación de ideas en forma individual o grupal, relacionada con el proyecto que se inicia.

MÉTODO DIDÁCTICO

La actividad docente se centra en la ejecución de los proyectos. Se inicia con el estudio de los temas, sus objetivos y contenidos así como las pautas que se establecen para su ejecución.

El desarrollo de los temas teóricos se escalona a lo largo del año y está generalmente relacionado con un proyecto en particular. La presentación de éstos a los alumnos se acompaña con una clase teórica y práctica de apoyo.

La evaluación de los proyectos y el comentario particular o grupal de los resultados alcanzados, es parte del método didáctico. Además de los desarrollos teóricos formales, se practican intervenciones explicativas breves, par reforzar los conceptos relacionados con los aspectos particulares sobre la marcha del proyecto en ejecución. Estas intervenciones no están planificadas temporalmente sino que se regulan de acuerdo con la evolución de los trabajos y la emergencia de problemas generalizados.

* Investigadora Asistente CONICET

** Titular, Adjunto y Jefe de Trabajos prácticos respectivamente, de la Universidad Nacional de Cuyo.

EVALUACIONES:

Se realizan dos evaluaciones parciales en el transcurso de la ejecución de cada uno de los proyectos. El puntaje obtenido integra el valor de la calificación final de cada ejercicio de acuerdo con los siguientes conceptos y valores porcentuales: Proceso de trabajo 30, concepto de diseño 30, planos y demás elementos bidimensionales 15, maquetas y modelos o prototipos 15, actitud 10. Para la aprobación del proyecto se necesita alcanzar como mínimo el 50% de cada uno de estos conceptos, y una regularidad del 75% de asistencia efectiva sobre el total de clases dictadas durante todo el año, la participación de 3 encierros y la aprobación de los cuatro proyectos programados. Cada alumno podrá recuperar un máximo de dos proyectos que hubiesen sido desaprobados o no presentados en las fechas programadas. El examen final comprende una primera parte con contenidos teóricos. aprobada esta, el alumno expone sobre uno de los proyectos realizados, de su elección, finalmente debe responder a preguntas sobre aspectos del proyecto presentado o de los demás ejecutados por él. Es requisito imprescindible la presentación completa de todo el material correspondiente a los proyectos elaborados (carpeta de bocetos, carpeta de proyectos, maquetas, modelos, prototipos y cualquier otro material generado a lo largo del año), en el momento del examen.

En este marco pedagógico y con el objetivo de encarar un proyecto de diseño en un área atípica, relacionada con el control de las energías naturales: resolver una problemática mecánica, relacionada con la geometría de la radiación solar y seleccionar los recursos tecnológicos pertinentes, se desarrolló como tema para el proyecto N° 4 el *Diseño de módulo para aberturas*. La participación en el mismo se extendió desde el planteo del ejercicio a los alumnos, el dictado de la teoría, las clases de apoyo, en la conducción del trabajo, hasta la evaluación del proyecto, de setiembre a noviembre.

Se comenzó con un encierro 5 horas duración en donde se presentó una introducción a la problemática energética, la posibilidad ahorro energía para acondicionamiento edilicio, y el aprovechamiento las fuentes renovables, energía solar e iluminación natural.

Esto fue acompañado (en las clases siguientes) por un análisis intensivo de ejemplos de ventanas (regionales, nacionales e internacionales) en forma guiada. Se practicaron actividades análisis y generación soluciones en forma grupal.

Paralelamente se realizaron actividades guiadas de observación de la carpintería existente en el aula donde se dicta la materia, un análisis de la tecnología regional, nacional e internacional y su evolución a través del tiempo.

Este análisis tecnológico fue desagregado por componentes, perfiles propiamente dichos, aislaciones móviles, materiales transparentes y traslúcidos, elementos de aislación (burletes) de cada uno de estos componentes se realizó un análisis de diseño.

Por otra parte los alumnos realizaron mediciones de iluminancia interior del aula, la influencia de la componente directa de la iluminación interior (si existía) y su respuesta según la orientación de las demás aulas del edificio de la facultad.

REQUISITOS DEL EJERCICIO DE DISEÑO:

Una vez terminada la etapa de antecedentes e introducción al tema, se presentó a los alumnos el listado de los requisitos establecidos para el ejercicio diseño y su tipificación:

REQUISITOS:

- 1 El producto estará especialmente concebido para ejercer un eficaz control térmico, lumínico, de la ventilación y de la estanqueidad.
- 2 Deberá estar adaptado a las condiciones climáticas (templado árido) de la región cuyana.
- 3 Estará destinado a ser utilizado en viviendas, en paredes verticales orientadas al norte y al sur.
- 4 Deberá prever que la orientación pueda variar en +/- 20 grados.
- 5 Su tamaño terminado no excederá los límites de un cuadrado de 1400 x 1400, modulado por una cuadrícula de 200 mm de lado.
- 6 El conjunto terminado no deberá sobresalir del borde exterior de la pared en un valor superior a 200mm.
- 7 Se fabricará con materiales y tecnología disponibles en el mercado nacional.
- 8 El proyecto priorizará la facilidad operativa, el mantenimiento y el control desde el interior de la vivienda.
- 9 Se maximizarán la esbeltez de los marcos y hojas móviles.

Tipificación: Objeto fijado a la arquitectura, concebido a partir de las funciones de ejercer un control térmico y lumínico, realizado con materiales y tecnologías disponibles en el contexto nacional, producido en forma industrial.

PROCESO:

- 1) Una primera etapa Individual, con la presentación del alumno tres alternativas solución con variantes operativas, constructivas y formales. Especificando esquemas funcionamiento. Evaluación 1 (individual).
- 2) y una segunda etapa Grupal, planos preliminares especificando materiales mecanismos y diseño del o los perfiles a utilizar Programación de la ejecución del modelo. Evaluación 2 (Grupal).

PRESENTACIÓN:

- Modelo del producto en escala 1:2.
- Maqueta del o los perfiles utilizados en escala 1:1.

. Carpeta: carátula expresando las posibilidades de uso, ficha técnica, Informe técnico sobre aspectos funcionales, operativos, constructivos, tecnológicos y de montaje; Explosión con listado de despiece, planos de las piezas.
 Del trabajo grupal de los alumnos se realizaron seis proyectos finales (figura 1 a 6). La variabilidad en la respuesta de los mismo, tanto formal como de resolución de mecanismos propuestos, demuestra las posibilidades que el tema ofrece desde el punto de vista del diseño industrial.

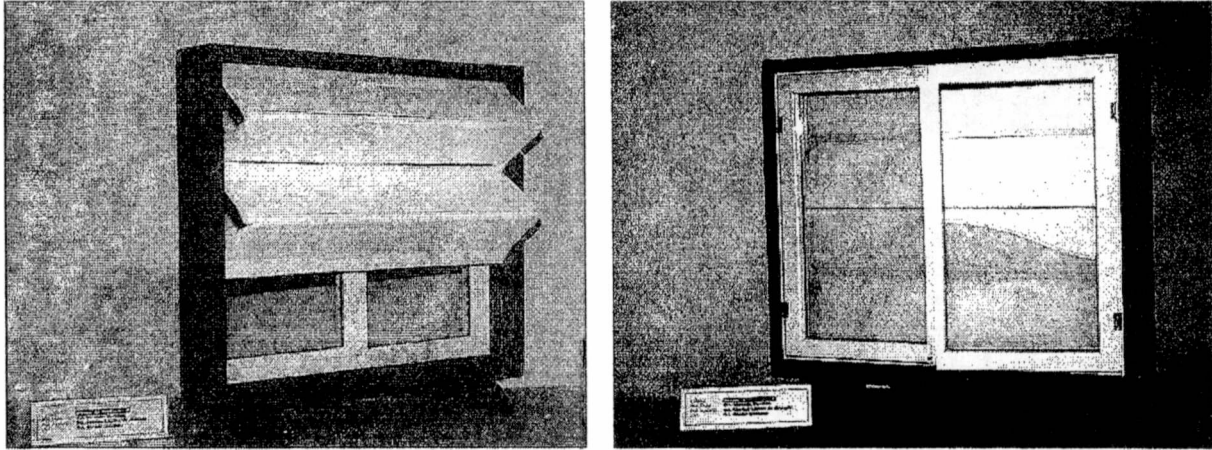


Figura 1 - Ventana de abrir y postigón plegadizo sobre guías verticales.

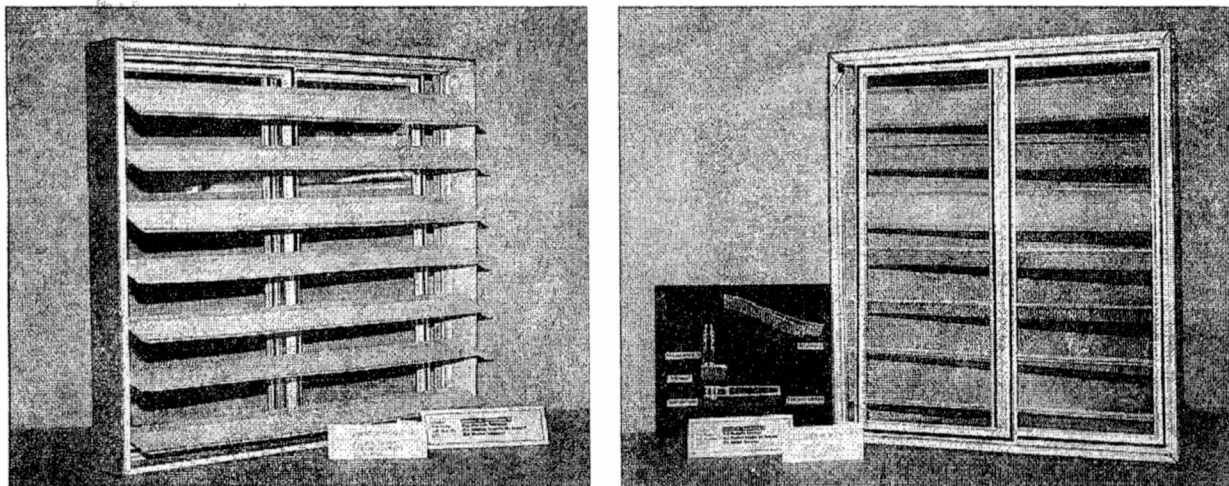


Figura 2 - Ventana corrediza y aislación exterior de tablillas horizontales móviles.

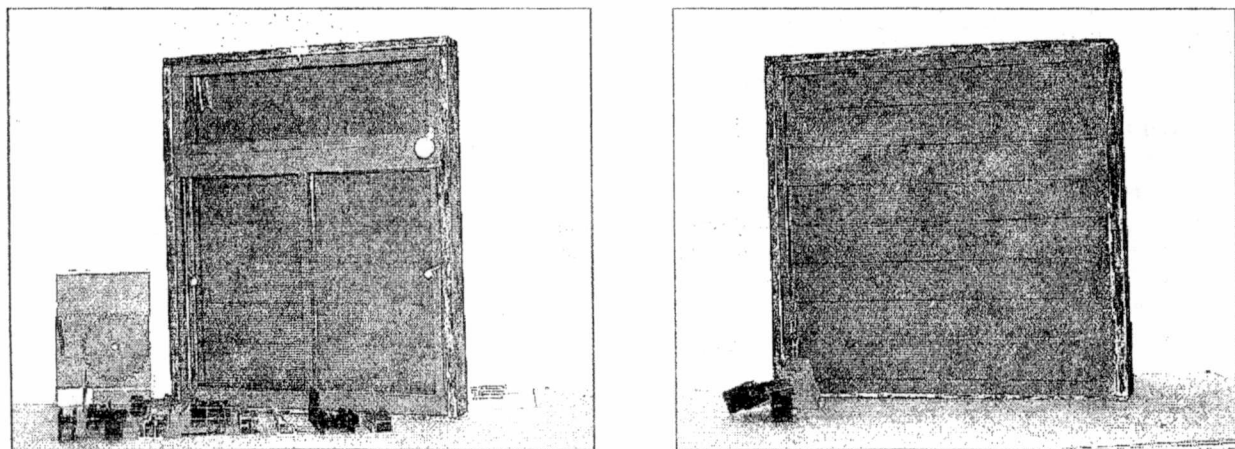


Figura 3 - Ventana mixta (corrediza y banderola) aislación móvil de tablillas horizontales.

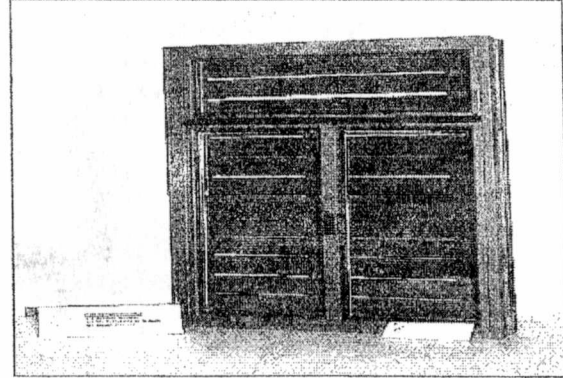
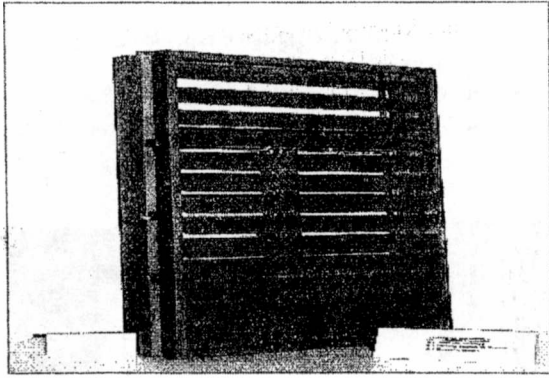


Figura 4- Ventana mixta (corrediza y fija) aislación exterior de tablillas horizontales móviles.

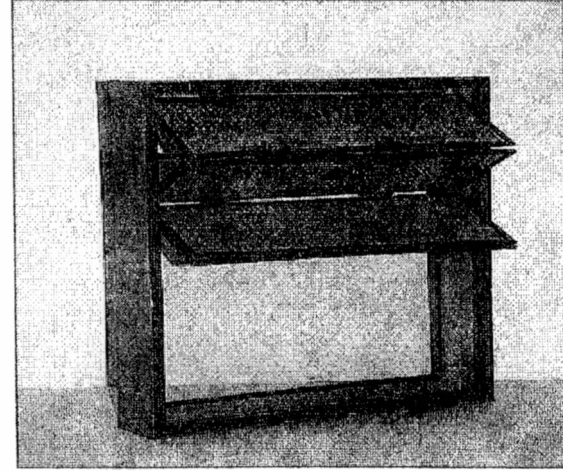
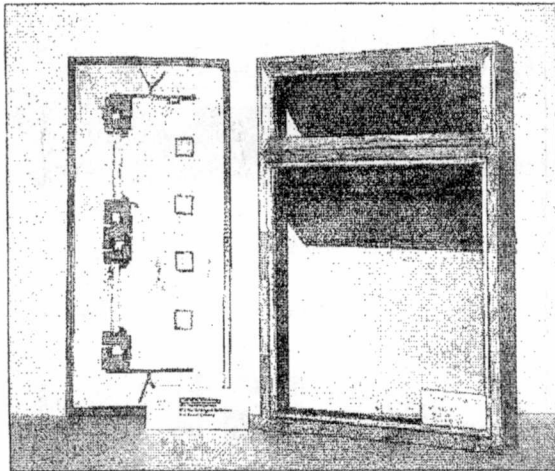


Figura 5 - Ventana banderola doble, aislación exterior plegadiza sobre guías verticales.

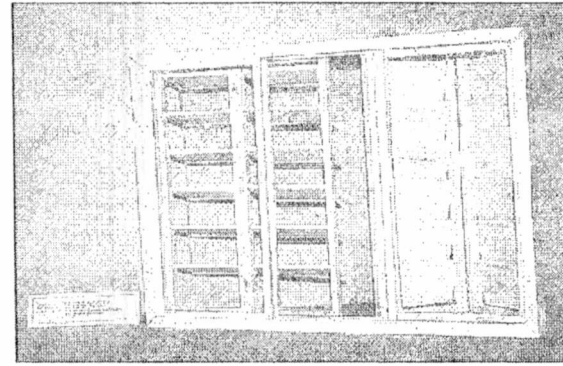
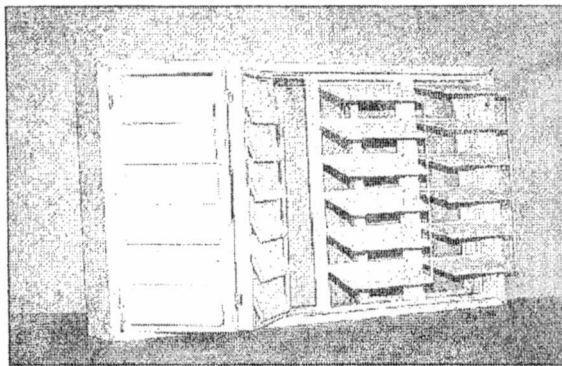


Figura 6 - Ventana corrediza triple, postigón exterior plegadizo sobre guía horizontal con tablillas regulables.

CONCLUSIONES:

Esta primera experiencia fue considerada, tanto para los docentes como para los alumnos, como un ejercicio con un importante grado de motivación, en donde se pueden aplicar directamente en un objeto de diseño conceptos teóricos de transferencia de calor, geometría solar, iluminación, desde el punto de vista del ahorro de energías convencionales y aprovechamiento de nuevas fuentes. Por otra parte, el diseño de la sección de perfiles de carpintería a nivel industrial y la aplicación de mecanismos de accionamiento de ventanas, presenta un reto de diseño (1,2), con un impacto directo en el desarrollo tecnológico regional y nacional, provocando en los alumnos de carreras proyectuales un posible campo de aplicación y especialización.

REFERENCIAS:

- 1- A. Pattini, J. Mitchell, "Diseño de ventanas térmicas y lumínicamente eficientes construídas con tecnología regional 19" ASADES, Tomo 1, pp. 2.49-2.52. 1996.
- 2- DOE-U.S. Department of Energy. Building Systems Division. "Energy efficient windows". 1990.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA: UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA ABORDAR LA TEMÁTICA

G.E. Gonzalo¹, S. L. Ledesma², B. Garzón³, V. Nota⁴, V. Guerrero⁴, S. Cisterna⁴, arqs.

Cátedra de Acondicionamiento Ambiental I - Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de Tucumán

Av. Roca 1900 - 4000 San Miguel de Tucumán
Tel: 54-081-364093 - Fax: 54-081-364141 - Email: gonzalo@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo describe las tareas realizadas por los alumnos durante el desarrollo de la materia electiva "Arquitectura Bioclimática".

En base al objetivo general de la materia de "proveer de fundamentos teóricos-prácticos para potenciales agentes de aprovechamiento de energías no convencionales en el diseño y construcción de edificios", y a la intención de "promover en el alumno una actitud científica y un aprendizaje investigativo", es que se incorpora a la materia una nueva metodología de trabajo, similar a la empleada en el actual proyecto de investigación desarrollado por la cátedra.

Los alumnos trabajaron sobre edificios de la Universidad Nacional de Tucumán, analizaron las características climáticas de San Miguel de Tucumán, determinaron el comportamiento térmico, lumínico y ventilante de cada uno de ellos, y teniendo en consideración dichos aspectos, establecieron aciertos y errores en las resoluciones edilicias, y a partir de ello realizaron propuestas de diseño de adecuación del edificio a las condicionantes climáticas de la ciudad.

A partir de la metodología de trabajo empleada, los alumnos accedieron, por medio de la auditoría energética de un edificio existente, a los contenidos y métodos de cálculos actualizados de la materia, alcanzando resultados altamente satisfactorios.

CARACTERÍSTICAS CURRICULARES

La materia está inserta en el tramo curricular terminal, 5º y 6º año. Es electiva, o sea opcional.

Su régimen de dictado es cuatrimestral, con una carga horaria de seis horas semanales. Se encuentra integrada en el Área de Acondicionamiento Ambiental y dada la articulación de sus contenidos con los de las materias Acondicionamiento Ambiental I y II, es correlativa de dichas materias.

CONTENIDOS DE LA MATERIA

Esta materia opcional, se dicta a alumnos ubicados en los dos últimos niveles de la carrera, por lo que en la selección y organización de contenidos se tuvieron en cuenta los aprendizajes previos del estudiante (sobre todo las materias Acondicionamiento Ambiental I y II), así como los intereses e inquietudes particulares de los alumnos. Además, entendiendo al conocimiento como un proceso en permanente construcción, prevaleció en dicha selección, el criterio de actualización de contenidos, lo que determinó el carácter abierto y flexible del programa.

1 - Nivel de información

- a- Panorama global de la situación energética.
- b- Antecedentes históricos y desarrollo actual de nuevas fuentes de energía.
- c- Energía y edificación: variables intervinientes a nivel de planeamiento regional, urbano y de los edificios.
- d- Fuentes energéticas renovables y no renovables.
- e- Fuentes energéticas no-convencionales.
- f- Tecnologías blandas y duras para la producción y uso de la energía en la edificación.
- g- La vegetación exterior como filtro climático.

2 - Fundamentos técnicos

- a- Aspectos termodinámicos de la conversión de la energía.
- b- Unidades fundamentales y su conversión.
- c- Pautas bioclimáticas: su determinación en base a variables meteorológicas, auxiliares gráficos y computacionales.
- d- Helienergética: auxiliares gráficos y computacionales.
- e- Sistemas no convencionales adosables, integrados e integrales.
- f- Sistemas no convencionales pasivos y activos: su utilización.
- g- Componentes de sistemas energéticos no convencionales.
- h- Especies vegetales autóctonas que contribuyen al control climático: su análisis, selección y uso.

¹ Profesor Titular - ² Profesora Adjunta - ³ Jefe de Trabajos Prácticos - ⁴ Auxiliares graduados

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se utilizó la *técnica grupal* como estrategia metodológica de aprendizaje, instrumentando a los grupos para promover la construcción compartida del conocimiento, y lograr así, mediante la interacción dinámica de sus miembros, un aprendizaje individual adecuado.

También se utilizó la *investigación*, como alternativa metodológica de enseñanza, entendiéndose que la investigación puede ser un instrumento que permite afrontar el dinamismo de la realidad y que realizar el aprendizaje como un pequeño proyecto de investigación significa entender la ciencia como construcción y reconstrucción continua, permitiendo que los alumnos logren desarrollar la capacidad de observar y problematizar la realidad, la capacidad de valorar la actualización permanente del conocimiento, así como la capacidad de utilizar dichos conocimientos en la práctica profesional.

Este aprendizaje investigativo, que forma a los estudiantes y docentes en la construcción del conocimiento, es el aporte novedoso que permitiría el mejoramiento de los métodos de enseñanza y podría constituirse en un aporte más para evitar la disociación entre la práctica docente y las demás funciones de la universidad (investigación y extensión), ya que entendemos que una manera de enriquecer la docencia sería articulándolas entre ellas.

La propuesta fue impartir a los alumnos las técnicas de investigación, a partir de la incorporación, con pequeños *proyectos de auditoría energética* de edificios de la Universidad Nacional de Tucumán, al proyecto de Investigación "Auditoría Energética y propuestas de refuncionalización edilicia a edificios de la U.N.T.", que está desarrollando la cátedra.

A partir de dicha *auditoría energética* del edificio en estudio, los alumnos realizaron propuestas de diseño de adecuación bioclimática al sitio, de una manera integral y globalizadora.

Se estudiaron edificios de la Universidad Nacional de Tucumán: las facultades de Arquitectura, Agronomía y Ciencia Económicas.

La práctica realizada por los alumnos se dividió en cuatro etapas:

- *Recopilación de información*: Se realizó de una manera minuciosa a partir del relevamiento planimétrico, constructivo, y de las características particulares de los distintos elementos de la envolvente, (por ejemplo condiciones y características de los aventanamientos y de sus protecciones solares, funcionamiento de los mismos, etc.) y de encuestas personales a los usuarios sobre condiciones de confort térmico y lumínico en los locales.

- *Procesamiento de los datos*: En base a lo relevado y con el apoyo de programas y planillas de cálculo computacionales, se determinó con precisión el comportamiento térmico, lumínico y ventilante del edificio y se procesaron estadísticamente las encuestas y los relevamientos físicos.

- *Diagnóstico de situación*: A partir de los resultados obtenidos en la etapa anterior los alumnos realizaron un detallado análisis crítico del edificio referido a su comportamiento bioclimático.

- *Proyecto de refuncionalización edilicia*: Como etapa final se plantearon propuestas de mejoramiento del edificio con el objeto de adecuarlo bioclimáticamente al lugar de emplazamiento.

Como síntesis de la experiencia adquirida en el dictado de la materia, podemos decir que la posibilidad de trabajar con edificios existentes, conocidos y vivenciados por los alumnos, conjuntamente a la aplicación de nuevas metodologías de investigación y análisis permitió a los mismos generar soluciones adecuadas e innovadoras para el mejoramiento del comportamiento energético de las construcciones.

1- PLANILLA MODELO PARA EL RELEVAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

PISO	CERRAMIENTOS OPACOS					VENTANAS					
	DESCRIPCION	SUP.	COMPONENTES			COLOR DE SUR EXT.	DESCRIPCION	SUP.	MAT.	ESP.	COLOR
			CRUCIS	MATERIALES	ESP.						
P3	Mamp. de ladrillos, revestidos con plomo por ambos lados. Viga de W 8"	498 m ²		Cobertura W 8" Viga de W 8" Mamp. de 0,30 Pavos Plomado	0,43	Gris. Amarillo	Ventana de 1 parr. de Aluminio 9 parr. de aluminio verticales	29,16	V. Aluminio Vidrio C. Parradas de Alum.	0,20	Gris. Transp. Gris.
7	Mamp. de ladrillos, revestidos con plomo. Viga de W 8"	131,1 m ²		Cobertura W 8" Viga de W 8" Mamp. de 0,30	0,30	Gris. Amarillo	Ventana de 2 y 4 parr. de aluminio con parradas de aluminio verticales	29,24	Vent. Alum. Vidrio C. Parradas de Alum.	0,20	Gris. Transp.
2°	Mamp. de ladrillos, revestidos con plomo. Viga de W 8"	38,0 m ²		Cobertura W 8" Viga de W 8" Mamp. de 0,30	0,30	Gris. Amarillo	Ventanas de 2 y 4 parr. de Alum. con parradas de aluminio verticales	54,4	Vent. Alum. Vidrio C. Parradas de Alum.	0,20	Gris. Transp.
3°	Mamp. de ladrillos, revestidos con plomo. Viga de W 8"	113,8 m ²		Cobertura W 8" Viga de W 8" Mamp. de 0,30	0,30	Gris. Amarillo	Ventanas 2 y 4 parr. de Alum. con parradas de aluminio verticales	29,69	Vent. Alum. Vidrio C. Parradas de Alum.	0,20	Gris. Transp.
4°	Mamp. de ladrillos, revestidos con plomo. Viga de W 8"	125 m ²		Cobertura W 8" Viga de W 8" Mamp. de 0,30	0,30	Gris. Amarillo	Ventanas 2 y 4 parr. de Alum. con parradas de aluminio verticales	54,4	Vent. Alum. Vidrio C. Parradas de Alum.	0,20	Gris. Transp.
TECHO	Lote de Construcción de W 8" Chapa de Ladrillos. Chapa y Estribos.			Lote de Constr. de W 8" Viga de W 8" Ladrillos, Mort. Estribos. Chapa.	0,75 0,25	Gris. A					

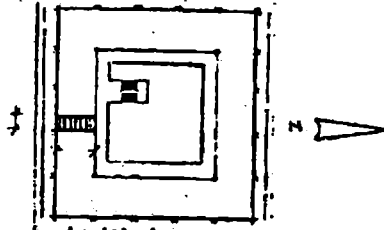
2- MODELO DE ENCUESTA A LOS USUARIOS DEL EDIFICIO EN ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CONFORT TÉRMICO.

ENCUESTA N° 1: Análisis de Confort Térmico

Localidad:

- Ubicación Nivel: 1^a
- Función: Centro de Estudios
- N° de departamento: 7
- Orientación: SUR

- Círculo arquitectónico (edificios, aberturas y calles):



Datos del encuestado:

- Nombre y apellido: Mtro. Gabriel Fernández CEPAL
- Actividad que desarrolla en el local: Docencia
- Tiempo en permanencia en el local: 8 h.

Responsable:

- Nombre y apellido: Olga Antonia Castillo
- Grupo y categoría:

Educación:

VIVIENDA:

- 1- En invierno, ¿qué sensación térmica experimenta en el local?

	Siempre	A veces	Nunca
a) Confort			
b) Frio			
c) Mucho calor		X	

- 2- En caso de darse situaciones de incomfort en el local, ¿cuál considera Ud. que es la causa?

- a) Ingresos de aire
- b) No hay corrientes de aire
- c) Otras causas: Ingresos de radiación, mucha polvareda

- 3- Existen artefactos para evitar el ambiente en forma artificial?

- NO SI ¿Cuáles?
- Extractores de aire
- Ventiladores
- Acondicionadores de aire

Considere que cumplen con su cometido?

- NO SI Por qué?

- La cantidad es insuficiente
- No funcionan
- Otras causas:

INVERNO:

- 4- En invierno, ¿qué sensación térmica experimenta en el local?

	Siempre	A veces	Nunca
a) Confort			
b) Frio		X	
c) Mucho frío			

- 5- En caso de darse situaciones de incomfort en el local, ¿cuál considera Ud. que es la causa?

- a) No ingresan aires en el local
- b) Hay corrientes de aire
- c) Otras causas:

- 6- Existen artefactos para climatizar el ambiente en forma artificial?

- NO SI ¿Cuáles?

- Extractores de aire
- Ventiladores
- Acondicionadores de aire

Considere que cumplen con su cometido?

- NO SI Por qué?

- La cantidad es insuficiente
- No funcionan
- Otras causas:

- 7- Qué sugerencia para lograr condiciones de confort en el interior del local?

Suplir equipo de acondicionador de aire

3- PLANILLA DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARCIALES Y TOTALES A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE PARA LAS DIFERENTES ORIENTACIONES

ANÁLISIS TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE

Calcular Q_{tr} de componentes opacos

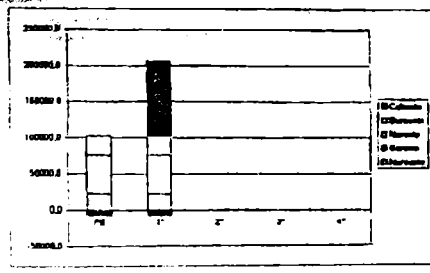
Elemento:	Verano
Elemento:	TECHO
Orientación:	NORESTE
Inclinación:	15
Color mas:	GRIS
Temp. ext. (°C):	25
K (W/m²K):	0.8
φ (m):	18
μ (m):	0.1
α (absorción):	0.85

Componentes:	OPACA
	LAMA DIVIDIDA
	EXTERNA
	OPACA 0.10

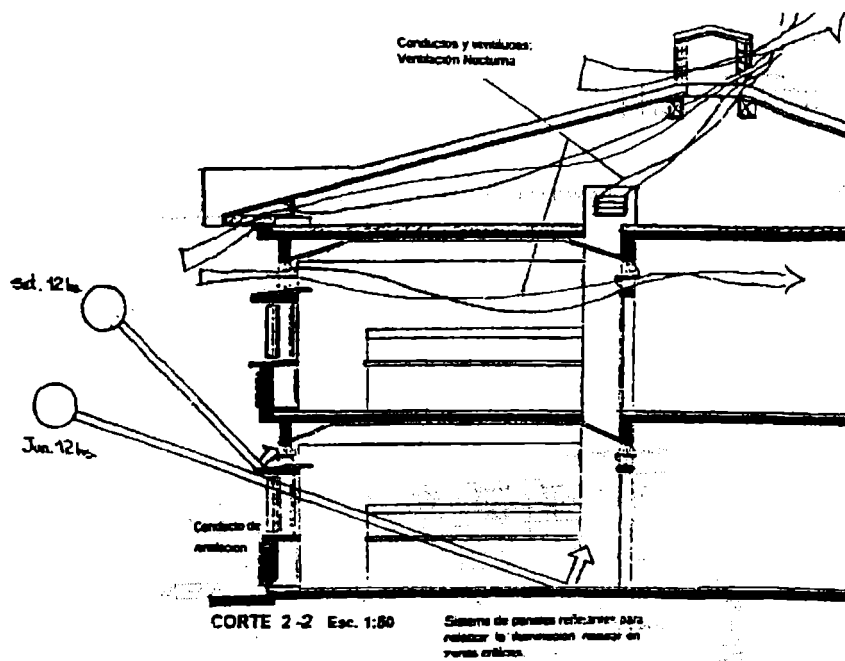
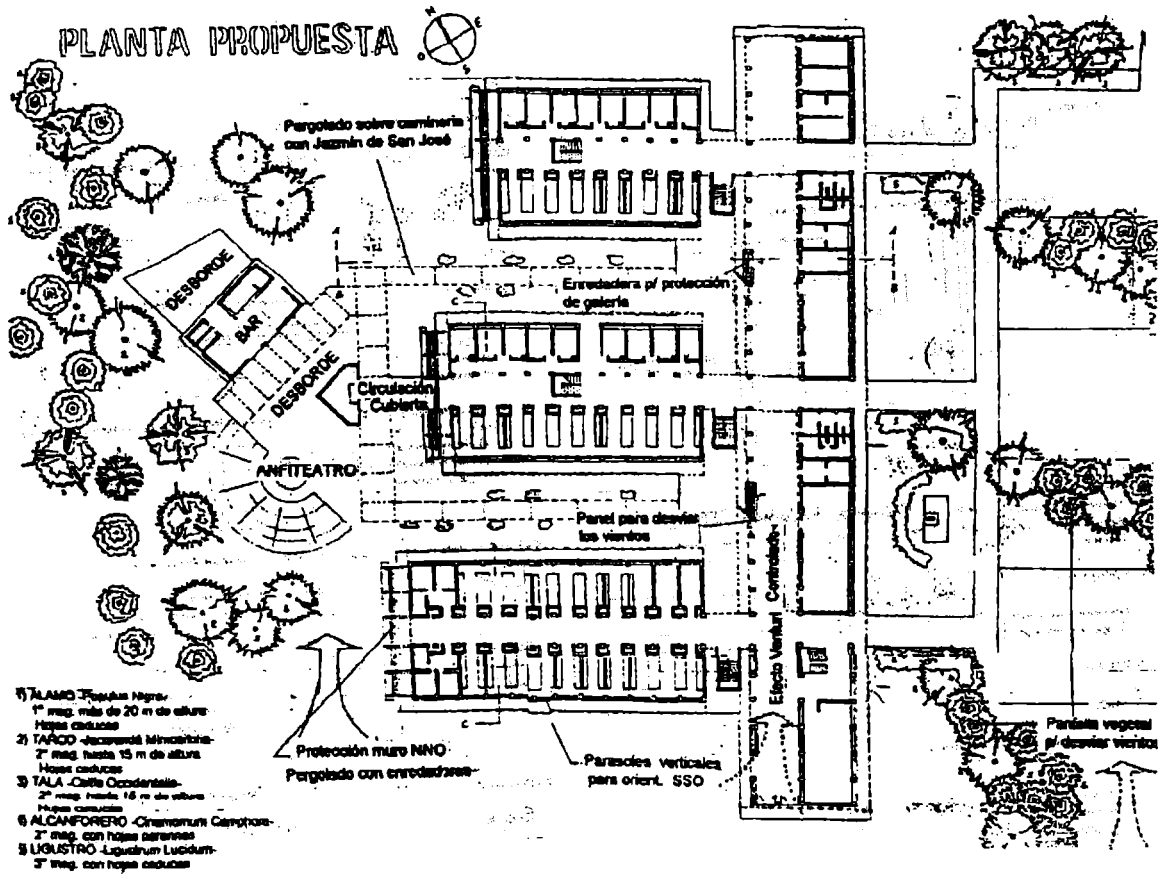
No	Ingresos		Egresos		Q (W/m²)	Q (W/m²)
	T _{ext}	T _{ext} (°C)	T _{ext} (°C)	T _{ext} (°C)		
1	23.7	-2.5	27.5		38.89	0.28
2	23.2	-2.8	26.7		45.56	0.79
3	21.7	-2.8	19.2		82.38	7.23
4	20.5	-2.5	18		64.88	7.32
5	18.6	-2.5	17.3		54.59	7.49
6	19.6	0	19.6		51.74	7.28
7	20.3	3.85	24.15		46.99	6.80
8	21.3	10.55	31.85		40.55	6.30
9	22.5	18.49	38.99		33.6	5.89
10	24.5	21.08	45.58		28.3	5.48
11	28.4	23.99	52.59		28.3	6.24
12	28.7	24.98	54.88	32.14	26	5.22
13	30.4	23.26	34.59		25.4	5.87
14	30.7	21.55	31.75		24.6	5.13
15	30.5	18.49	48.99		24.2	5.08
16	30	13.55	40.55		23.4	5.01
17	29.7	8.63	33.8		22.2	4.92
18	29.3	0	29.3		20.7	4.80
19	28.8	-2.5	26.3		19.2	4.68
20	28.5	-2.5	26		18	4.56
21	27.5	-2.2	25.1		17.3	4.62
22	27.4	-2.5	24.9		16.6	4.71
23	26.7	-2.8	24.2		16.2	5.07
24	25.8	-2.5	23.4		15.85	5.99

PLANILLA RESUMEN

	Noroccidente	Sureste	Noroccidente	Sureste	Cubierta	Q total
PG	23123.1	2988.3	6122	27788.6		82443.4
7°	23123.1	2888.3	5122.7	27788.6	104188.7	186330.0
2°						0.0
3°						0.0
4°						0.0
Q total del edificio:						292782.4



4- PROYECTO REFUNCIÓNALIZACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA



JMforSE ARGENTINA '97:
ENERGÍAS LIMPIAS Y RENOVABLES, BASES PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE.
UNA PROPUESTA PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA

Alvarez, Marcelo - Pedace, Roque

MforSE ARGENTINA

Mario Bravo 1029, piso 4 depto A (1175) Capital Federal

Tel/Fax (54 1) 963-0722 ; Email: aldarba@starmct.net.ar

RESUMEN

MforSE es una red internacional de ONGs. dedicada a la energía para el desarrollo sustentable. Fundada en Río de Janeiro durante la "Cumbre de la Tierra" realizada en el año 1992, esta red ha trabajado en la coordinación y difusión de las actividades de las ONGs. que la integran desde entonces. El objetivo principal de esta red es el de facilitar la transferencia de experiencias de distintas regiones.

En su primera actividad institucional de nivel nacional en nuestro país *MforSE* organiza un taller cuyos objetivos es la redacción de documentos sobre distintos aspectos de la adopción local de políticas necesarias para la difusión de energías renovables en el sector eléctrico. En ellos se analizarán experiencias internacionales y se propondrán metas cuantificables y estrategias de acción locales.

El taller se realizará entre el 29 y 31 de octubre de 1997 en la Secretaría de Energía de la Nación

OBJETIVOS

Este taller está destinado a la redacción de documentos sobre distintos aspectos de la adopción local de políticas necesarias para la difusión de nuevas energías renovables en el sector eléctrico. En ellos se analizarán experiencias internacionales y antecedentes locales. Se propondrán metas cuantificables, estrategias de acción locales y recomendaciones políticas. El cronograma incluye una reunión preparatoria y otra destinada a la redacción final de materiales.

Los principales objetivos del taller son los siguientes:

Generar estrategias que sean la base (de una política nacional) para la incorporación de las energías limpias y renovables en acuerdo con criterios explícitos de sustentabilidad en el nivel nacional.

Integrar los distintos aspectos relevantes de la difusión de las nuevas energías renovables en los procesos de toma de decisión y en las estrategias de los sectores involucrados.

Contribuir a la información de la ciudadanía para facilitar su interés activo en el tema.

Construir una agenda con diagnósticos y recomendaciones. Dotar al conjunto de recomendaciones del apoyo de distintos sectores empresarios, gubernamentales y de la sociedad civil.

Crear escenarios de generación eléctrica que integren variables socioeconómicas y ambientales y que permitan fijar metas y mercados potenciales en distintas fechas.

Fortalecer las instituciones en su capacidad de identificar, evaluar y poner en práctica alternativas efectivas desde el punto de vista ambiental, económico y social.

Promover la asociación entre el sector público y el privado para la puesta en práctica de las propuestas. Fortalecer los programas destinados a sectores sin acceso a la electricidad.

Se espera establecer un foro permanente y una agenda para la discusión de estas políticas entre las ONGs, el sector empresarial e instituciones oficiales como la Secretaría de Energía.

ACTIVIDADES

Se establecerán las líneas fundamentales para la recopilación de la información dispersa y su puesta a disposición del público en general. Se propondrán estructuras con el fin de tratar de dotar al sector de la mayor transparencia posible v.g. "clearinghouse"

Comunicación

TEMARIO

Los documentos de base abordarán los siguientes temas: Planificación energética, integración de las fuentes renovables en el sector eléctrico / Escenarios energéticos / Eficiencia energética, su relación con las fuentes renovables / Marco regulatorio, mecanismos de financiación, incentivos, impuestos / Mercados eólico y fotovoltaico, presente y futuro, su contribución al escenario energético / Experiencias comparadas con otros países.

Diagnostico del sistema energético centrado en la generación y uso de electricidad. Impacto de la desregulación (liberalización) del mercado eléctrico en la elección de fuentes de energía. Políticas fiscales y subsidios a distintas fuentes. Formas de financiación de las fuentes nuevas y renovables. Impacto en la competitividad y la generación de empleo. Políticas de promoción de la innovación y vinculación entre el sector productivo y la investigación. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y su Mitigación en Argentina (Subproyectos Inventario y Mitigación). Ciclo de vida de las distintas formas de generación eléctrica. Experiencias relevantes (Marco regulatorio, Planificación Energética, Financiación, iniciativas ciudadanas etc) en otros países/regiones. Iniciativas de Organismos Internacionales. Iniciativas Internacionales no Gubernamentales.

GRUPO DESTINATARIO

Poder ejecutivo: Subsecretaría de Energía de la Nación dependiente del Ministerio de Economía.

Poder legislativo: Comisiones de energía y medio ambiente de ambas cámaras.

ONGs: Todas aquellas organizaciones que trabajan en Medio Ambiente y desarrollo sustentable y sostienen campañas de docencia y difusión de las energías renovables.

Empresas del sector (Proveedores, Empresas eléctricas de generación, transmisión y distribución).

Comunidad de expertos en el tema.

JUSTIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL TALLER

- 1) El proyecto procura un impacto integral en procesos de toma de decisión de distinto nivel relevantes para el desarrollo del país.
- 2) Existe consenso en la comunidad internacional sobre el hecho de que el creciente uso final de energía, así como la sustitución de antiguas por nuevas fuentes y vectores, son procesos que caracterizan al desarrollo humano en esta época. También existe consenso en que tales procesos deben llevarse a cabo garantizando la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades, condición del Desarrollo Sustentable, para lo cual deben compatibilizarse las demandas socioeconómicas con los desafíos ambientales.
- 3) La conveniencia de la adopción de energías renovables para el desarrollo sustentable ha sido establecida por experiencias prácticas en países industrializados tanto temprano como tardíamente, caso este último el de la Rep. Argentina. La experiencia internacional, v.g. en países como Holanda y Brasil o en regiones como la UE, confirman la importancia que ha tenido la participación de distintas ONGs para articular los esfuerzos de la sociedad en su conjunto y promover la toma de conciencia de la necesidad de integrar distintos aspectos del desarrollo. Así se ha reconocido en la Agenda XXI y a otros recientes acuerdos internacionales, así como en las organizaciones del sistema de Naciones Unidas v.g. el Banco Mundial.
- 4) La electricidad tiene mayor importancia económica, más rápido crecimiento y uso más flexible; tiende por ende a sustituir a los demás vectores (combustibles) en Argentina. Existe consenso en que es el sector más importante en el futuro desarrollo energético del país.
- 5) El uso de nuevas fuentes renovables permite desde ahora el acceso del sector disperso (alrededor de 4 millones de personas, por lo general de menores recursos) a los beneficios de la electricidad y lo hará de manera creciente a la población servida por la red de distribución. Estas fuentes tienen un impacto positivo en la seguridad energética y en la generación de empleo, además de ser reconocidamente más benignas para con el ambiente.

RESULTADOS QUE SE DESEAN ALCANZAR

El principal resultado a obtener de la reunión será un documento final de estrategias para el incremento de la utilización de fuentes renovables de energía en el marco del desarrollo sustentable. Se espera que este producto dote de contenido y objetivos a las acciones de vinculación entre el Estado y la sociedad civil.

El informe final deberá incluir los antecedentes relevantes, el diagnóstico de la situación local y la propuesta de distintos escenarios teniendo en cuenta factores relevantes como el impacto ambiental y el social y diversas condiciones de contorno. Deberá incluir aspectos institucionales de las propuestas y recomendaciones, las cuales servirán como programa de acción para las ONGs interesadas y como forma de articulación de sus acciones para con el Estado. Incluirá metas para distintas fuentes y escenarios energéticos alternativos en distintas fechas.

Se espera establecer un foro permanente y una agenda para la discusión de estas políticas entre las ONGs, el sector empresarial e instituciones oficiales como la Secretaría de Energía.

REFERENCIAS

- S.E. (febrero 1997): Prospectiva del sector eléctrico 1996. Subsecretaría de Energía. Dirección Nacional de Prospectiva. Informe.
- Altener Programme: TERES II, The European Renewable Energy Study 1995-2020
- European Commission-European Solar Council (1997): "Energy for the future: sources of energy"
- Foro permanente das Energias Renováveis (junio 1995 y posteriores revisiones) Declaracao de Brasilia: "Directrices e plano de acao para o desenvolvimento das energias renováveis, solar eólica e de biomasa no Brasil"
- The World Bank (march 1995): "The solar initiative"
- Kwant, K. W. - Rovers, R (NOVEM): "Financing Renewable" Sustainable Energy Industry Journal" Summer 1996.
- Environmental News from The Netherlands (Feb 1997): Green Money.
- IDEE (1994): "Energía y Medio Ambiente, Evolución pasada y futura"
- Olesen, G - Bedi, E y otros: Guideline for Estimation of renewable Energy Potentials, Barriers and Effects (march 1997).
- Olesen, G - Brenstrup, S - Meyer, N: "Renewable Energy and Sustainable Development in a "liberalized" energy market"
- Ahmed, Kulsum (1993): "Renewable energy technologies: Review of the states and cost of selected technologies" TP. 240 World Bank.
- Anderson, D y Ahmed (1995): The case for solar energy investments', Technical Paper nro. 279 World Bank.
- Cabraal, A- Mac Cosgrove-Davies, and Schaeffer, L (1996): Best Practices for PV Household Electrification Programs', Technical Paper nro. 324 World Bank
- Gay-Eberspacher (1994): Worldwide PV market growth 1985-2000, Progress in PV vol 2, number 3, July 1994.
- Goll, Gerrit (1993): "Análisis técnico económico de la posibilidad de uso de energías renovables: el caso de energía eólica en Argentina" (traducción monográfica) Universitat Karlsruhe (TH)
- Godfrin, Schiaroli y Moragues (1992): Sistemas de aprovechamiento de nuevas fuentes de energía: Equipos instalados en la Argentina, CNEA, Arg.
- Keuper, Armin (1995): "Comparación internacional de políticas de incentivo a la energía eólica: Una visión internacional" (Traducción monográfica de la revista "Wind Energie Aktuell")
- Nijs (1994): PV cells and modules: Technical and economic outlook towards the year 2000, Solar Energy Vol. 15 1994
- Palz, W.-Caratti-Zervos (1994): Renewable energy development in Europe, Solar Energy Vol. 15
- Servant, M.- Fabris, A. (1995): Perfiles De Proyectos Con Energias Renovables En La R. Argentina, Dir. De Invest. y Desarrollo, Dir. Nac. de Promoción, Subsecretaría De Energía Eléctrica de la Nación.
- Street, Penny & Miles, Ian.(1996) "Transition to alternative energy supply technologies. The case of windpower" Energy Policy, Vol 24, No.5, pag 413-425.
- ISES (1992) : Solar energy solutions for an environmentally world, ISES Magazine. UNCED special issue.
- Wrixon, Rooney & Palz (1993): Renewable energy 2000, Springer-Verlag

LA ESCUELA, UN VEHÍCULO PARA LA INTRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN UN CONTEXTO DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA¹

Carenzo, S.; den Dulk, M. y M. I. Fernández Alvarez²

C. C. 135 Suc. 26 (1426) Telefax: (01) 553-5042/ (01) 787-0215 E-mail: dkirszman@teletel.com.ar

RESUMEN

En la siguiente presentación, expondremos los principales ejes del proyecto de extensión, "La escuela, un vehículo para la introducción de tecnologías alternativas en un contexto de participación comunitaria".

Este consiste en la realización de una experiencia piloto en una escuela del Delta Bonaerense, que permita la recuperación y el perfeccionamiento de las formas tradicionales de producción, mediante la introducción y difusión de tecnologías alternativas, con especial énfasis en el aprovechamiento de la energía solar, favoreciendo de esta manera el desarrollo de nuevas estrategias productivas.

Un componente fundamental para la ejecución de dicha experiencia es la elaboración y propuesta a la comunidad de un "menú tecnológico" que estará sujeto a la constante evaluación y revisión crítica por parte de la población receptora. En este sentido, se plantea la puesta en práctica de un concepto innovador de participación social, que este presente en todas las etapas del proyecto (diagnóstico, ejecución y monitoreo). De aquí que la presente ponencia enfatice los aspectos metodológicos que dicho concepto de participación social introduce en el proceso de transferencia tecnológica a realizar.

INTRODUCCION

El planteo de este proyecto de extensión responde a la situación económica y social que atraviesa actualmente la región del Delta Bonaerense. Esta se caracteriza por una grave crisis que se manifiesta, por un lado, en una reducción de la capacidad productiva (*ajuste del sector público, dificultad en el acceso a créditos, falta de diversificación de la producción*) y por otro, en un deterioro de los estándares de la calidad de vida (debido principalmente al aislamiento a que fue sometida la región respecto de las políticas públicas de suministro de servicios esenciales, que garanticen la satisfacción de las necesidades básicas de la población).

Cabe destacar que si bien en los últimos años se produjo una importante afluencia de capitales en la región, estos estuvieron destinados al desarrollo sector terciario (básicamente emprendimientos turísticos y productivos), y se limitaron al área de influencia de la 1^{ra} Sección de Islas.

En la región predomina un tipo de explotación familiar de pequeña escala, tanto en tamaño de la explotación, como en dotación de recursos (capital y trabajo) lo que implica su escasa tecnificación. Este cuadro sumado aun alto costo del transporte de los bienes producidos al continente, hacen que la producción de estas pequeñas explotaciones, difícilmente pueda alcanzar niveles mayores que el de la subsistencia del grupo doméstico.

Esta situación se ve agravada por la etapa de "reconversión productiva" que aún atraviesa la región y que puede describirse sintéticamente como un cambio en el tipo de producción dominante: de la producción frutihortícola, se pasa a la producción forestal como actividad dominante; y en algunos casos, a la producción del mimbre.

Desde la década del 40, en parte como resultado de éste proceso de reconversión y en parte como resultado de la acción de factores naturales como las graves crecidas que inundaron la zona; la región se vio afectada por un fuerte proceso migratorio de su población tradicional. Por ésta razón la región dejó de ser receptora de población migrante, para convertirse en expulsora de población activa. Y sólo recién en la últimas décadas comenzó a recibir nuevamente población migrante, aunque en menor escala.

Teniendo en cuenta este contexto particular, el proyecto plantea la realización de una experiencia piloto que permita, la recuperación y el perfeccionamiento de las formas tradicionales de producción, mediante la introducción y difusión de tecnologías alternativas que favorezcan a su vez el desarrollo de nuevas estrategias productivas. Es importante destacar que, esta experiencia estará enmarcada en un contexto de participación comunitaria, el cual es, desde nuestra perspectiva, imprescindible para garantizar el éxito del proyecto de extensión.

En este sentido, y por la particular configuración social de la región del Delta, la escuela constituye un espacio único en tanto centro de reunión, organización y participación de la comunidad: "En el caso del Delta [...] las demás

¹ Aprobado por el Ministerio de Cultura y Educación de La Nación y el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires

² Estudiantes avanzados de la Carrera de Antropología. Grupo de Geografía de la Energía, Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires.

instituciones o agencias del Estado están lejanas o ausentes: en este sentido la Escuela del Delta "condensa" el papel del Estado, al tiempo que articula distintos niveles: la política al nivel local, el Estado en las instituciones de nivel nacional, la vehiculización de la intervención de organizaciones de la sociedad civil... [..] "...en un área en la que se han desmembrado las cooperativas, y han desaparecido prácticamente los clubes, las cooperadoras escolares constituyen un ámbito en el que se pugna por cierto prestigio y se obtiene cierta capacidad de decisión [...] Además es de destacar que la escuela contribuye a "...la reducción de costos de reproducción de la fuerza de trabajo (provisión de comida, ropa, medicamentos, transporte [gratuito] al hospital. etc.)..." (Neufeld ;S/D:24-25).

Por todo esto, la institución escolar constituye una componente clave para realizar un proceso de transferencia de tecnología generando así nuevos procesos de aprendizaje formal e informal, tales como talleres, charlas, etc.. Estos procesos apuntan fundamentalmente a la capacitación de la fuerza de trabajo rural, lo que permite a su vez diversificar y multiplicar las estrategias de supervivencia utilizadas por los pobladores locales. Entendemos por estrategias de supervivencia el "...conjunto de recursos que procedimientos que emplean, los comportamientos que ejecutan y los arreglos organizativos a que hechan mano las unidades domésticas de las distintas clases para el logro de sus objetivos y de los proyectos e imágenes que generan acerca de su desarrollo como grupo y del de cada uno de sus miembros..." (Neufeld, S/D:3). Es por esto que la unidad de aplicación será una institución escolar de la Tercera Sección de Islas del Delta Bonaerense; ya que constituye un espacio institucional que permite definir instancias de organización y participación comunitarias.

Una vez caracterizada brevemente la configuración social particular de la región, nos parece pertinente presentar algunas consideraciones respecto de determinados términos empleados en la elaboración de esta ponencia.

Entendemos el concepto de tecnologías alternativas, como aquellas tecnologías que incluyen experiencias tecnologías compatibles con las condiciones y disponibilidades relativas de recursos en los países en desarrollo (Cometto, 1994). En este sentido, estas trascienden el aspecto meramente instrumental, incluyendo todo conjunto de herramientas, materiales, conocimientos y habilidades, que responde a las características de la comunidad que lo emplea con el fin de satisfacer sus necesidades. Un principio básico para su diseño es la utilización de los recursos renovables disponibles en cada contexto, sin deteriorarlos ni producir desequilibrios alteradores de y perjudiciales para la continuidad del ecosistema.

Este concepto pretende dar transparencia a un hecho innegable, en la construcción de toda herramienta hay conocimientos y habilidades puestos en juego; por lo tanto la utilización de los recursos disponibles en cada contexto y apropiación de los conocimientos y habilidades puestos en juego por la comunidad que los emplea, son entonces los elementos centrales para los objetivos de este proyecto y marcan la diferencia sustancial que mantienen con los sistemas convencionales. Porque desde éstos se diseñan herramientas y técnicas de trabajo homogéneas -que no consideran la diversidad característica del medio ambiente humano- y porque la relación unidireccional que establecen entre profesionales a cargo y usuarios impide cualquier tipo de interacción o contacto.

De esta manera, las tecnologías alternativas son visualizadas en su potencialidad para permitir una organización comunitaria y participativa de la utilización de los recursos, tanto naturales como humanos y sociales que cada grupo posee y alcanzar el desarrollo de dicho grupo, basada en los conocimientos y la capacidad organizativa de las comunidades involucradas. No hay transferencia de una cultura a otra ni hay recuperación de viejas tradiciones. Hay una construcción novedosa, que incluye todos los elementos presentes y apunta al desarrollo de la vida social en su conjunto.

De esta manera y en correspondencia con la definición propuesta, la propuesta tecnológica comprenderá inicialmente la construcción de un invernadero y un secador solar con el propósito de ampliar y optimizar la producción de una huerta orgánica preexistente y de otras actividades productivas de la región.

Por otro lado y garantizando el carácter global e integrado de la experiencia se tendrán en cuenta todos los aspectos fundamentales que deben contemplarse para lograr una mejor calidad de vida como ser la calefacción de viviendas, la potabilización de agua, la disponibilidad de agua caliente, etc. para lo cual se aplicarán otras tecnologías alternativas como colectores solares y potabilizadores de agua.

OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

Plantear una estrategia de transferencia y difusión de tecnologías alternativas aplicadas en aprovechamientos energético-productivos que actúen como catalizador del desarrollo socio-económico de la región. Promoviendo de esta manera, el enriquecimiento y afianzamiento de las estrategias productivas desarrolladas por los pobladores y facilitando en consecuencia, el acceso de éstos a una mejor calidad de vida

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

Desarrollar sistemas de aprovechamiento energético no tradicionales tales como: aprovechamiento de energía solar mediante colectores, paneles, secadores e invernaderos.

- ☐ Incrementar la producción doméstica de alimentos con vistas a mejorar la calidad de la dieta de la unidad doméstica por un lado y por otro generar materias primas potencialmente comercializables dentro de los circuitos locales
- ☐ Desarrollar pautas de manejo de los recursos de base que apunten a lograr una mayor sostenibilidad de los mismos a través de la utilización de tecnologías que afecten positivamente la productividad de los ecosistemas regionales, previniendo la degradación de las bases biológicas del sistema ambiental en su conjunto.
- ☐ Asegurar el éxito de las estrategias desarrolladas a partir de la organización de una instancia de plena participación comunitaria en la que se discutan y reformulen las estrategias propuestas desde los sectores académicos, incorporando de esta manera el conocimiento y la experiencia de la población local en la resolución de los problemas que la aquejan.
- ☐ En base a la experiencia realizada, elaborar una metodología de transferencia y difusión de tecnologías, de alcance más general con vistas a su posible aplicación a escala provincial

METODOLOGIA

La metodología del proyecto, se compone de tres etapas que articulan el empleo de técnicas cuantitativas (como la confección de una matriz de datos y el diseño y aplicación de una encuesta), con la aplicación de técnicas cualitativas como la observación participante y las entrevistas estructuradas y no estructuradas a informantes clave.

Las distintas etapas que se caracterizan a continuación responden a momentos diferenciados de la ejecución del proyecto como ser:

Etapa 1: Diagnóstico.

Se realizará una caracterización y diagnóstico de la situación regional, con especial énfasis en la zona delimitada para el proyecto. Para ello se llevarán a cabo entrevistas a informantes clave, y una revisión bibliográfica de fuentes primarias y secundarias.

En una segunda instancia, se procederá al diseño e implementación de una encuesta la cual, junto con la realización de entrevistas a informantes claves de la Escuela y de la comunidad recabe datos socioeconómicos y de requerimientos tecnológicos de los destinatarios directos del proyecto.

De esta manera y a la luz de los resultados de la encuesta y las entrevistas, se elaborará y propondrá el "menú tecnológico" (huerta orgánica, invernadero, secador solar, colector solar, potabilizador solar) a la población con el objeto de ofrecer estrategias alternativas que puedan ser incorporadas por ésta, con el objeto último de generar microemprendimientos productivos. En relación con lo planteado anteriormente es de destacar que nuestra propuesta será sometida, desde un principio, a una revisión y evaluación crítica por parte de la comunidad, siendo ésta finalmente la que decida acerca de la ejecución o no de las alternativas propuestas. En caso que esta propuesta fuera totalmente rechazada, se elaborará en forma conjunta con la comunidad, una nueva gama de estrategias más acorde con las necesidades locales.

Etapa 2: Transferencia de tecnologías y conocimientos relativos a los objetivos del proyecto.

Realización de un Taller en la Escuela N°16 "La Barquita", en donde se procederá a la presentación, discusión, y modificación del "menú tecnológico" elaborado por el equipo, hasta llegar a consensuar la propuesta junto con los destinatarios directos, es decir directoras, maestros, alumnos de los dos últimos grados y sus respectivos padres. El siguiente paso es la implementación de dicha propuesta, con la participación de todos los integrantes del equipo y que en su desarrollo articule tantos momentos como opciones tecnológicas se hallan seleccionado. Por ejemplo 1) construcción e implementación de un invernadero, en pro de la optimización de la producción de una huerta orgánica preexistente, permitiendo de esta manera, aumentar la producción doméstica de alimentos con vistas a mejorar la calidad de la dieta de la unidad doméstica y generar materias primas potencialmente comercializables dentro de los circuitos locales, 2) construcción de un colector solar de circulación por termofisión que capte la energía radiante del sol, permitiendo tanto el almacenaje y disponibilidad de agua caliente así como la calefacción de viviendas, 3) construcción de un secador solar de tipo invernadero, que facilite el secado de productos agrícolas como el mimbre, favoreciendo así la reducción de los plazos de secado de la mercadería y posibilitando una mayor producción local, 4) instalación de un panel fotovoltaico con el fin de mejorar y ampliar el abastecimiento de energía eléctrica de la Escuela y de abaratar los costos ocasionados por la compra de combustible requerido para el funcionamiento del generador eléctrico, 5) construcción de un sistema de potabilización de agua (destilador de tipo invernadero) para abastecer de agua potable a la población, mejorando de esta manera las condiciones sanitarias actuales.

El mencionado Taller tiene como fundamento metodológico el trabajo de campo antropológico, que permite realizar la actividad de extensión en el marco de la instancia taller, al tiempo que posibilita implementar técnicas cualitativas de investigación sociocultural tales como observación participante y entrevistas a informantes, lo que nos permitirá

recabar información relativa a: niveles y ámbitos de participación comunitaria, circulación de la información dentro de un sistema comunicativo, y percepción local ante procesos de transferencia tecnológica; datos de vital importancia a la hora de elaborar la metodología general de transferencia y difusión de tecnologías, capaz de ser aplicada en otras comunidades.

Los ejes conceptuales que guiarán el trabajo en ésta etapa son: "Participación social", "Gestión de recursos", "Percepción local del proceso de transferencia de tecnologías".

Etapas:
Etapa 3: Transferencia formal de conocimientos relativos a los resultados de la experiencia.

Realización de una primer charla abierta a toda la comunidad, donde se expongan sintéticamente los resultados obtenidos, tanto de la instancia taller como del trabajo de campo. Esto incluirá la evaluación que los propios participantes hicieron de la experiencia, previéndose para ello una jornada especial anterior a la charla propuesta.

Realización de un pequeño ciclo de charlas abiertas a toda la comunidad a fin de difundir el desarrollo y los resultados de la experiencia en las demás escuelas de la región. En pro de este objetivo y como cierre de ese ciclo de charlas se elaborará un folleto educativo, basado en la experiencia mencionada.

REFERENCIAS

Cobelo, C. et al. (1995) Pequeños productores del bajo Delta Bonaerense del Río Bonaerense del Río Paraná: Estrategias productivas y de ingresos. *Revista Argentina de Economía Agraria*. Tomo 1.

Combetto, A. (1994) Desarrollo sostenible y energías no convencionales. *Revista de la Asociación Electrotécnica Argentina*. N°4

Combetto, A., Pelicano, G. et al (1993) Energización rural en zonas marginales. Un Estudio de caso. En *Actas de la XV Reunión de Trabajo de ASADES*. Salta.

Natenzon, C.; P. Tsakoumagkos y M. Escolar (1988) Algunos límites ideológicos, económicos y conceptuales del discurso medioambiental. En *Aportes para el estudio del espacio socioeconómico II*. L. Yanes y A. M. Liberali. Compiladores. *El Coloquio*. Buenos Aires.

Neufeld, M. R. S/F. *Estrategias familiares y escuela*. Inédito.

Poggiese, Héctor A. (1992) Energización rural y participación social. Trabajo presentado al *Seminario Latinoamericano sobre Energización Rural*. Organizado por la SECYT de Argentina y FAO, con apoyo del PNUD. Buenos Aires.

Presidencia de la Nación - Secretaría de desarrollo social - INTA. S/F. *Programa PRO-HUERTA: La huerta orgánica*. S/D

Sejemovich, Héctor. (1992). Energización para un desarrollo rural sustentable. Energía, ambiente y desarrollo. Trabajo presentado al *Seminario Latinoamericano sobre Energización Rural*. Organizado por la SECYT de Argentina y FAO, con apoyo del PNUD. Buenos Aires

Tsakoumagkos, P. (1994) *Agotamiento y contradicciones sobre la sustentabilidad ambiental del desarrollo y una invitación a su estudio desde las ciencias sociales*. Inédito

ENSEÑANZA DE CONCEPTOS PARA LA CAPTACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN UNA VIVIENDA A ESTUDIANTES DEL NIVEL MEDIO

J. Follari, J. Piccardo y J. Di Genaro
Laboratorio de Energía Solar
Universidad Nacional de San Luis
Chacabuco y Pedernera
5700 - San Luis Fax - 652-30224

RESUMEN

Se presenta la experiencia con un grupo de alumnos secundarios que nos plantearon presentar en una Feria de Ciencias un trabajo sobre uso de la energía solar. Se les propuso realizar un pequeño curso sobre el tema a fin de decidir con conocimientos. Luego de este se propuso realizar una maqueta de una casa solar, diseño realizado por nuestro grupo que permite mostrar diversas técnicas de uso de energía solar y hacerlas conocer al público en general. Esta fue realizada por los alumnos y presentada con buena repercusión en la Feria, dejando un saldo interesante en el aprendizaje de los alumnos y en la difusión de técnicas usadas en Arquitectura Solar.

INTRODUCCIÓN

Los cuatro alumnos de 3º año de la Escuela Normal Juan Pascual Pringles, Fernando D. Orellano, Cristian Spagnuolo, Diego Montes y Matías Follari, vinculados con los autores, nos plantearon sus inquietudes. Luego de conversar largamente con ellos pensamos que lo que podían hacer debía ser algo capaz de mostrar por sí mismo como se utiliza la energía solar, a fin de que sea comprendido por la gente que se acerca a ver la muestra. Pensamos entonces como posibilidad una maqueta de una casa solar o un invernadero. Pero era necesario en primer lugar que los alumnos adquirieran una base de conocimientos mínimos para que ellos pudieran participar de la decisión. Disponíamos de siete semanas y decidimos de común acuerdo, hacer un pequeño curso sobre la naturaleza de la energía solar, su interacción con la materia, conducción, convección, capacidad calorífica. Nos propusimos hacerlo en no más de tres semanas. Para poder en tan breve tiempo transmitirles los conocimientos necesarios a chicos de 14 - 15 años casi sin conocimientos previos del tema, pensamos que debíamos mostrarles algunas experiencias cuya explicación les hiciera comprender los principios físicos presentes.

ESTUDIO DE LA NATURALEZA DE LA ENERGÍA SOLAR.

Comenzamos entrando a un auto cerrado dejado un par de horas al sol cerca del mediodía. Allí los chicos pudieron experimentar a) La mayor temperatura interior, b) La mayor temperatura del tapizado oscuro donde le daba el sol, c) La mayor temperatura de los objetos soleados oscuros frente a los claros, d) El pasaje de la radiación solar visible a través de los vidrios. Fuimos una hora después al mismo auto que habíamos dejado abierto observando nuevamente la temperatura de los mismos objetos, comprobando que el calentamiento era menor en todas las partes antes observadas.

Comprobamos así que la luz solar conlleva energía y que ésta puede utilizarse, por ejemplo, en forma de calor útil. Para poder interpretar bien la experiencia del auto se hace necesario que comprendan el concepto de energía, ondas y su interacción con la materia.

Les explicamos el concepto de onda con una cuerda vibrante (resorte largo). Allí les mostramos que es una onda, que transporta, que su velocidad es constante pero se modifica si modificamos el medio (aumentamos la tensión del resorte). Pudieron ver qué es una onda transversal y longitudinal. Con un tren de ondas les mostramos ondas estacionarias y en ellas la longitud de onda, frecuencia, periodo y amplitud. Comparando una partícula sometida a una onda transversal con un resorte del que cuelga una pesa encontraron que la energía de la onda, igual a la energía potencial máxima, es proporcional al cuadrado de la amplitud.

Con estos conceptos básicos de onda, apreciables fácilmente con la cuerda vibrante, pasamos a las ondas electromagnéticas.

Allí les contamos de los fotones portadores de la energía radiante electromagnética, la energía de la onda que es proporcional a su frecuencia. Esto nos permitió explicarles como al variar ésta se obtiene el espectro electromagnético, desde las ondas de radio a los rayos gamma. Y consecuentemente la energía asociada a los fotones en cada parte del espectro. Dentro de éste resaltamos la parte visible y la ubicación de la radiación solar.

Estos últimos conceptos de radiación electromagnética fue más difícil para los chicos por ser menos mostrable. Ellos conocían que los rayos ultravioleta del sol son peligrosos para la vista y la piel, y que los rayos X deben administrarse con mucho cuidado por su penetración. Por otro lado sabían que las ondas de radio son inofensivas y que estamos

inmersos en radiación infrarroja lejana sin consecuencias para nuestra salud. Les mostramos con un prisma el arco iris formado por la dispersión para que comprendan mejor el espectro, pero tuvieron algunas dificultades en este tema.

INTERACCIÓN CON LA MATERIA

Para ver esto les mostramos la reflexión del sol en un vidrio y la transmisión del mismo. Les explicamos entonces que además una parte de la radiación era absorbida. Si absorben se quedan con la energía de la radiación absorbida, aumentan su energía, o sea, se calientan.

La experiencia del auto mostró que hay cuerpos que absorben más y otros menos, porque se calientan más o menos, pero que en todos se alcanza una temperatura máxima límite. De allí el concepto de que el cuerpo debe además emitir radiación para equilibrar la energía que absorbe. Les explicamos que la radiación emitida depende de la temperatura del cuerpo que la emite. Que el sol emite como un cuerpo aparente de 6.000°K de modo que su radiación tiene un rango de energía mayor que la de un cuerpo a temperatura ambiente.

También quedaba en evidencia con la experiencia en el auto que los cuerpos oscuros alcanzaban mayor temperatura que los claros expuestos al sol porque absorben más radiación y en consecuencia reflejan menos.

CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN

Aquí apareció el tema de si la radiación era la única forma de intercambiar energía de un cuerpo. Entonces los llevamos al laboratorio y usando un soplete mostramos que el calor se conduce a través de los cuerpos más o menos según su conductividad. Les mostramos ejemplos de buenos conductores y aislaciones.

Usando una estufa les mostramos el aire caliente ascendente cercano a la estufa y les explicamos que era la convección como tercer forma de intercambio calorífico.

Por último, les mostramos cómo una masa de hierro y una masa igual de agua, para alcanzar igual temperatura que leían con una termocupla en un termómetro digital, requerían muy distintos tiempos de calentamiento sobre la misma estufa. Les definimos entonces la capacidad calorífica, y vimos otros ejemplos de materiales de alta, mediana y baja capacidad calorífica.

Les recordamos el concepto de densidad, que ya conocían. Con estos conocimientos adquiridos además con algunas lecturas adicionales experiencias y su análisis, encaramos la segunda etapa llevando ya 3 semanas de trabajo.

Aquí discutimos la aplicación concreta a presentar en la feria y con ellos decidimos hacer una maqueta de una casa solar. Pensamos que la "pequeña casa solar", diseñada por nuestro grupo nos serviría y la harían en escala 1:50 para que los visitantes pudieran apreciarla bien. Era necesario entonces conocer las técnicas de aprovechamiento de la energía solar en arquitectura, a lo que dedicamos la cuarta semana. Paralelamente fueron consiguiendo el material y consultando la técnica constructiva de la maqueta.

ESTUDIO DE LAS TÉCNICAS SOLARES UTILIZADAS.

En este punto les explicamos que el objeto de la casa solar era obtener temperatura de confort interior a toda hora y todo el año, utilizando preponderantemente la energía solar.

Como captar la energía solar. A lo visto en el auto agregamos la observación de un calefón solar. Allí verificaron que el vidrio actúa de filtro al ser opaco a la radiación emitida por el receptor (o por el tapizado del auto en el otro ejemplo), y el calentamiento consecuente. O sea entra más radiación de la que sale. Quedó claro porque el receptor es negro y conductivo para transmitirle el calor al agua. También como ésta por convección natural al calentarse sube al termotanque, proceso que pudieron verificar.

Como el sol es intermitente surge la necesidad de acumular energía. Esto en el calefón lo hace el termo. En una vivienda lo hace fundamentalmente su mampostería. La observación del funcionamiento del calefón solar les permitió comprender estos conceptos en un par de horas.

Les explicamos entonces las dos ideas principales de captación - acumulación: directa y muros Trombe. Les hicimos recordar la trayectoria aparente del sol en invierno, verano y equinoccios para mostrarles que era el frente norte el que debía captar el sol en invierno, que el techo debía ser aislante de la radiación que le cae a plomo en verano, que el oeste convenía que estuviera aislado porque en verano recibe mucho sol y en invierno poco. Que el sur debía aislarse más y que el este podría tener alguna abertura pero protegida del exceso de radiación.

Por lo tanto, las aberturas debían ser grandes al norte y pequeñas al sur para circulación en verano y lo más aislantes posibles utilizando marcos y hoja de madera y doble vidrio. Analizamos el efecto de las persianas externas, las cortinas internas y los aleros.

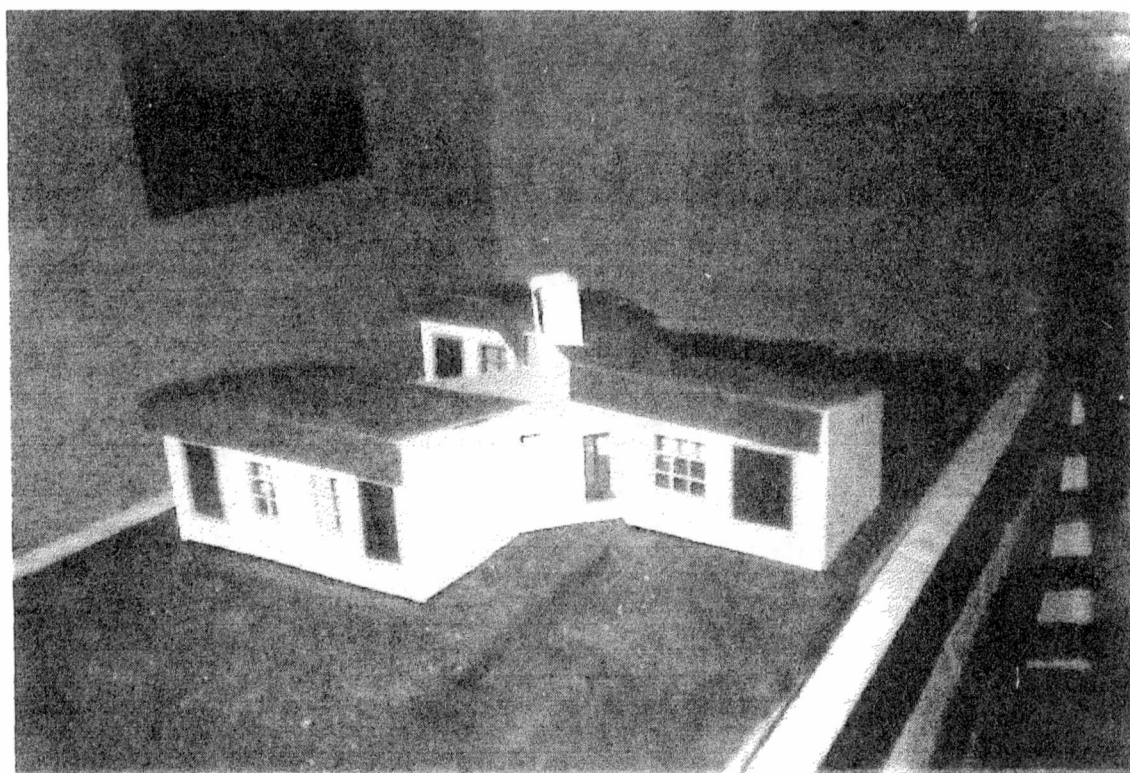
Vimos que, para poder acumular el calor se requiere una alta capacidad térmica, o sea es necesario una mampostería interior de masa grande para obtener estabilidad en la temperatura

Por último les recordamos la experiencia de estar en verano al sol o a la sombra de un árbol, en terreno con pasto o sin él, para entender el uso de estos elementos alrededor de una casa

Vimos entonces estos principios aplicados a la "pequeña casa solar" que habíamos diseñado, explicando sus características constructivas, de materiales, de funcionamiento y la presencia de un calefón solar. Comprendido esto los chicos comenzaron la construcción de la maqueta en esa misma semana

REALIZACIÓN DE LA MAQUETA.

Con estos elementos conceptuales los chicos encararon la realización de la maqueta. Hablaron con los arquitectos y encararon la construcción, que les llevó unos 20 días. Como se aprecia en las fotos, realizaron un prolijo trabajo hasta lograr una buena maqueta de la casa solar diseñada



PREPARACIÓN DE CARTELERA, FOLLETO Y DETALLES CONSTRUCTIVOS.

Se abocaron luego a realizar la cartelera que tenía que explicar sucintamente las características de la casa solar. Esto era como un examen donde mostraron el grado de comprensión del tema y como transmitirlo.

Mostraron la planta, cortes, fachada norte y sur. Un esquema de funcionamiento del muro Trombe y del uso de las aislaciones en piso y paredes. Hicieron un corte a escala del techo para apreciar la aislación, terminación y cubierta. En el folleto explicaban en que consistía la casa, las características de lo que ellos llamaron "casas térmicas". Explicaban además la necesidad de preservar el ambiente puntano de la contaminación incipiente, prever el agotamiento de los hidrocarburos y aportar a la buena solución del déficit habitacional mediante la construcción de casas solares.

Completa el trabajo de los chicos la realización de una carpeta donde describen los conocimientos adquiridos sobre energía solar, sus formas de uso, captación, acumulación, que es una "casa térmica", las pre-condiciones de la casa propuesta, las características de la misma (descripción) el funcionamiento previsto, fluctuaciones esperadas de su temperatura y costo, completando el tema con una buena reflexión sobre la actual situación ecológica de San Luis y la conveniencia de la utilización de la presente propuesta

Se presentaron en la feria con la cartelera de fondo y una mesa con la maqueta, el folleto para repartir a los visitantes y el corte del techo. Duró tres días con miles de visitantes con interés diverso. A quienes se acercaban a preguntar les

explicaban la propuesta y su funcionamiento. En particular el Intendente de San Luis les solicitó la memoria completa del proyecto para estudiarlo en detalle.

CONCLUSIONES

El proceso de aprendizaje utilizando algunos experimentos les permitió comprobar hechos y motivar la correspondiente explicación. Esto permitió que en un proceso de tres semanas pudieron comprender los aspectos más relevantes del tema. Esto se comprueba al leer la carpeta presentada a las autoridades de la Escuela y de la Feria y en el folleto elaborado para explicar la propuesta a los visitantes.

Vimos que los conceptos de onda podrían abreviarse más en un curso tan breve ya que su utilización posterior no es muy intensa.

La difusión de la temática a través de la feria de ciencias es apreciable ya que la gente se acercó a preguntar y se llevó una idea visual con la maqueta y cartelera, además de una explicación en el folleto que se llevaban a sus casas y los comentarios de los chicos.

Que la experiencia es interesante tanto para los alumnos, como para los visitantes y nosotros. De hecho en otros años lo hemos hecho con otros temas (Un secador solar, El efecto invernadero y la enseñanza de temas de la Física) con repercusión interesante.

Creemos que sería conveniente contar con dos meses para una mejor preparación.

Dado el interés de los alumnos en temas ligados a la ecología, se puede ofrecer el asesoramiento en los secundarios mediante alguna cartelera o afiches adecuados. Creemos que así se utilizara mejor las ferias de ciencias para la difusión de la aplicación de la energía solar.

BIBLIOGRAFÍA

Fasulo A. y Esteban C. El efecto invernadero y la enseñanza de la Física - Actas ASADES XVII-Rosario 1994

Rosenfeld y otros Conjuntos habitacionales con energía solar - Suplemento SUMMA IAS - FABA - Instituto de Arquitectura Solar

AVANCES EN ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar
Volumen 1- Nº 2- Año 1997 ISSN: En trámite

Trabajos seleccionados en la XX Reunión de Trabajo de ASADES
y VI Encuentro Nacional de IASEE - Argentina
Río Cuarto, 1997

INDICE TEMÁTICO

Conversión Fotovoltaica	1 a 13
Instrumentación y Materiales Usados en Energías Renovables	17 a 49
Modelización y Simulación	53 a 85
Uso Racional de la Energía	89 a 129
Hábitat y Ambiente	133 a 137
Tratamientos de Efluentes. Biomasa	141 a 165
Energía Eólica, Geotermia y Otras Energías No Convencionales	169 a 181
Nuevas Tecnologías	185 a 193
Educación en Energías Renovables	197 a 233