



BLOQUEADOR DE RADIACION SOLAR

Alberto Papparelli¹, Mario Cúnsulo²

AREA ARQUITECTURA AMBIENTAL

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)
Santa Fe 198 Oeste 1° Piso, J5400, San Juan. Email: arqamb@unsj.edu.ar. Tel (0264) 4202664

RESUMEN: El trabajo expone un desarrollo tecnológico cuyo objetivo es proyectar y construir el prototipo de un *instrumento de operación manual*, el que acoplado con un solarímetro digital permita medir la radiación solar difusa, en forma continua hora a hora durante todos los días del año. Dicho instrumento posibilita además calcular la radiación solar directa, para el mismo período, desde la salida hasta la puesta del sol. Se ejecutaron dos prototipos, uno portátil y otro acoplado a una estación meteorológica ubicada en el área urbana del Gran San Juan. Desde octubre de 2003 se realiza su seguimiento continuo, para la verificación de su correcto funcionamiento conforme los cálculos cosmográficos. El prototipo construido resultó de muy bajo costo comparativo.

Palabras clave: radiación solar difusa, instrumental de medición, climatología.

INTRODUCCIÓN

La radiación solar es un recurso energético con importante disponibilidad en nuestras zonas áridas andinas. Puede utilizarse en forma alternativa para reducir los costos de energía convencional, aplicándola fundamentalmente en el acondicionamiento higrotérmico del hábitat humano, incorporándola al diseño, tanto de espacios abiertos como cerrados, propendiendo al confort de la población en general, especialmente aquella de bajos recursos.

La radiación solar global tiene dos componentes, la radiación *difusa* y la *directa*. Conocer estos valores es indispensable a la hora de estudiar y modelizar físicamente la radiación solar en tramas urbanas existentes o nuevas. La radiación solar global es de fácil medición por medio de un solarímetro; la *directa* se calcula en forma rápida por medio de la *global* y de la *difusa*, pero la medición o determinación de esta última presenta bastante dificultad, particularmente en el registro de sus valores en forma continua a lo largo del año, hora a hora, para todas las horas que brilla el sol.

En una estación meteorológica pueden obtenerse valores de radiación solar medida en un plano horizontal mediante un solarímetro, registrándose *radiación global o total* en forma horaria durante todo el día. En cambio la *radiación solar difusa* se puede medir, con dispositivos específicos, sólo en forma puntual a una hora fijada y no de manera permanente o continua. Debido a que la radiación difusa permite calcular, junto a la global, la *radiación solar directa*, la dificultad de registro citada, imposibilita la obtención de la radiación directa, en el mismo punto de medición en forma continua durante las horas de sol, en forma anual y sin intervención de un operador.

En nuestro país no existen en el comercio *aparatos manuales* que posibiliten realizar registros de *radiación solar difusa en forma continua*, o al menos no disponibles aún en el comercio especializado. En consecuencia se debe apelar a dispositivos adquiridos por medio de importaciones que resultan altamente onerosas e imposibles de alcanzar con las asignaciones presupuestarias que se destinan en nuestro país a la investigación científica. Además dichos *aparatos manuales* importados, tienen limitaciones en su forma temporal de medición, ya que no permiten *mediciones continuas anuales* sin intervención de un operador, sino sólo para un corto período durante algunos días; ésto sin contar además, que estos aparatos no cuentan con instrumental específico que permitan su *posicionamiento latitudinal, azimutal y altitudinal*, según su localización en un punto fijo terrestre. También existen en el exterior, otros instrumentos que realizan el seguimiento solar con alta complejidad electrónica, por tanto *no manual*, pero de muy altos precios en dólares, convirtiéndolos en inaccesibles para los grupos de investigación de países como el nuestro.

Por tanto, el presente desarrollo tecnológico consistió en el diseño y la construcción de un *prototipo de aparato manual* especializado, el que acoplado con un solarímetro convencional, permite registrar la *radiación solar difusa*, en forma continua durante todos los días del año para todas las horas que brilla el sol. Además, por diferencia con otro solarímetro colocado en paralelo y con exposición directa a la bóveda celeste (el que mide radiación solar global), posibilita calcular la *radiación solar directa* para el mismo período registrado.

¹ Profesor Titular FAUD-UNSJ; Profesional Principal CONICET

² Profesor de N. M. UNSJ; Profesional Principal CONICET

DESCRIPCION DEL DISPOSITIVO

La presente descripción es un resumen sobre los componentes y sus respectivos posicionamientos, en el que se menciona sólo las medidas del dispositivo principal o *bloqueador solar propiamente dicho* y los principales elementos que permiten la coordinación de sus desplazamientos.

El *bloqueador solar propiamente dicho*, consiste en una banda circular cerrada que se posiciona por medio de tres parámetros angulares regulables, dos fijos: *latitud* y *azimut* y uno móvil: *altitud solar*, el que se cambia una sola vez por mes. De esta forma la banda circular se interpone a la trayectoria de los rayos solares que inciden sobre el solarímetro, haciendo un seguimiento posicional del sol durante el recorrido diario aparente alrededor del globo terráqueo.

El dispositivo principal está conformado por una planchuela que forma una banda circular cerrada (FIGURA 1, FOTO 1), cuyo diámetro interior (350,0mm), ha sido calculado después de varias aproximaciones matemáticas, con el fin de permitir que sus movimientos axiales sean simples y de fácil operabilidad manual, sin producir entre los componentes del dispositivo intercepción ni obstrucción que entorpezca su normal funcionamiento y además que permita medir la mayor cantidad de radiación solar difusa, para obtener un registro lo más amplio posible de la real radiación difusa arribada al domo del solarímetro en un determinado punto terrestre.

La banda circular constituye una pantalla continua entre los rayos solares y el sensor del solarímetro, en cualquiera de las posiciones fijas representativas de cada uno de los 12 meses del año, garantizando una intercepción permanente de la radiación directa circunsolar sobre el domo del solarímetro durante el recorrido aparente del sol. Su ancho: 37,5mm, ha sido dimensionado con el fin de evitar en forma permanente, la incidencia directa de los rayos solares sobre el domo del solarímetro y asegurar la misma condición entre dos posiciones fijas mensuales sucesivas. Este ancho es la primera aproximación exacta, que con el mínimo calculado, se asegura una obstrucción solar continua de la radiación solar directa durante todos los días del año.

La banda circular cerrada está solidariamente unida a dos *correderas laterales*, colocadas perpendicularmente y opuestas entre sí, sobre los extremos del diámetro propio de dicha banda, las que permiten el desplazamiento mensual del bloqueador sobre *Canaletas Receptoras* fijas (Ver FIGURA 1, FOTO 1). Esto posibilita que la banda pueda situarse en posiciones fijas, representativas de la declinación para cada día 21 del mes que correspondiere. Se garantiza así un bloqueo en forma continua de la radiación solar directa, durante el recorrido aparente diario del sol en cualquier latitud terrestre, convirtiéndolo en un dispositivo manual de uso universal, con la propiedad principal de posibilitar el registro horario de la *radiación solar difusa* en cualquier punto del planeta.

El dispositivo general está conformado por varios componentes (FIGURA 1, FOTO 1), los que se describen a continuación en forma sintética:

01. Bloqueador solar propiamente dicho (a)
Planchuela de duraluminio; banda circular soldada a las Correderas Laterales; permite el sombreado del solarímetro
02. Correderas laterales (b)
Perfil "U" de duraluminio; permite el deslizamiento sobre Canaletas Receptoras para posicionar c/uno de los 12 meses
03. Canaletas receptoras (c)
Perfil "U" de duraluminio, sostenido por el Soporte Ppal.; permite desplazamiento controlado de Correderas Laterales
04. Soporte principal (d)
Planchuela de duraluminio; sostiene los Círculos Graduados y las Canaletas Receptoras. Sostén del dispositivo general
05. Círculos graduados (e)
Planchuela de duraluminio; unido a Soporte Principal; tiene escala graduada (0° a 90°), permite posicionar la Latitud
06. Fijación del solarímetro (f)
Platabanda de duraluminio; soldada a Soporte Principal en su parte central; fija el solarímetro con 3 tornillos de acero
07. Plataforma de sustentación (g)
Platabanda de acero; soldada a Barral de Sustentación, da fijación móvil y posicionamiento azimutal al Soporte Ppal.
08. Tornillo de posición (h)
Bulón de acero; da sujeción móvil a Canaletas Receptoras; c/perforación en su eje; aloja al Tornillo de Sujeción
09. Tornillo de Sujeción (i)
Bulón c/mariposa de acero; alojado en interior de Tornillo de Posición; da inmovilidad mensual a Corredera Lateral
10. Bulón Soporte (j)
Bulón c/mariposa; p/fijación móvil de Soporte Principal sobre Plataforma de Sustentación; permite posición azimutal
11. Indicador de Posición (k)
Planchuela de duraluminio; Con cureña para alojamiento de Aguja de acero, p/indicar dirección cardinal; c/giro 180°
12. Barral de Sustentación (l)
Perfil "U" de acero: 40,0x40,0 mm; permite sujeción del Soporte Principal sobre el terreno

Todos los componentes mencionados funcionan en forma combinada entre sí, posibilitando que el aparato mantenga a través de pequeños desplazamientos mensuales de la banda circular, un acompañamiento del movimiento circular aparente del sol, coincidiendo tanto en el plano horizontal (azimut) como en el plano vertical (altitud), durante todas las horas que brilla el sol y para cualquier punto terrestre.

Para posibilitar una correcta comprensión del dispositivo, se presenta una gráfica esquemática: FIGURA 1 con las distancias entre los orificios que posibilitan las posiciones fijas mensuales; los dos orificios extremos destinados a los solsticios y el orificio central para los dos equinoccios. La FOTOS 1 se presenta con el fin de mostrar las partes constitutivas de todo el aparato (referenciadas con letras), la instalación del solarímetro y las distintas formas de posicionamiento respecto al sol.

CALCULO COSMOGRÁFICO DE POSICIONAMIENTOS

Para obtener el posicionamiento exacto de los orificios que determinan los puntos fijos de cada mes respectivo, se confeccionó una planilla electrónica de cálculo (omitida aquí por razones de espacio), con latitudes en una serie con intervalos de 5°, desde 0° a 90°.

La altitud solar (h_s) correspondiente al día 21 de cada mes se presenta de a pares (Ej.: 21/05 coincidente con 21/07), permitiendo calcular la distancia entre el orificio central (correspondiente a los equinoccios) y cada uno de los orificios mensuales (distancias "D"). Para el cálculo de estas distancias se operó de la siguiente manera (Ver FIGURA 1):

$$\frac{r_i}{D} = \text{tg}(\varnothing + h_s), \quad \text{despejando:} \quad D = \frac{r_i}{\text{tg}(\varnothing + h_s)} \quad \text{(I)}$$

donde:

- D = Distancia entre orificio central (equinoccios) y orificios laterales (mensuales)
- r_i = Radio interior de la circunferencia del bloqueador solar
- \varnothing = Latitud del lugar
- h_s = Altitud solar

En el cálculo de las distancias "D", se observa que para latitudes mayores a 23°30' el término $\text{tg}(\varnothing + h_s)$ arroja valores constantes; para latitudes menores, las distancias "D" arrojan valores decrecientes; no obstante éstos por ser menores, quedan totalmente cubiertos por los orificios obtenidos según los valores constantes de las latitudes mayores mencionadas. Ésto determina la universalidad del dispositivo.

Para calcular el ángulo de altitud solar (h_s) para cualquier hora del día y en cualquier día del año, se aplicó la ecuación:

$$\text{sen } h_s = \text{sen } \varnothing \times \text{sen } \delta + \text{cos } \varnothing \times \text{cos } \delta \times \text{cos } H \quad \text{(II)}$$

donde:

- δ = Declinación solar
- H = Angulo horario
- Las demás variables se indican en la fórmula (I)

El cálculo del ángulo de declinación diaria se efectuó por medio de la ecuación aproximada de Cooper (1969):

$$\delta = \varphi \times \text{sen} \left(\frac{\text{Cte B} + n}{\text{Cte A} \times \frac{\text{Cte C}}{360}} \right) \quad \text{(III)}$$

esto es:

$$\delta = 23,45 \times \text{sen} \left(\frac{284 + n}{360 \times \frac{365}{360}} \right)$$

donde

- φ = Angulo del eje de la tierra respecto al plano de la eclíptica solar
- Cte A = 360° de la circunferencia
- Cte B = Desfasaje en días del equinoccio respecto al año calendario
- Cte C = Cantidad de días en el año calendario.
- n = Número de días desde el 01 de enero hasta el día 21 de cada mes.
- Las demás variables se indican en la fórmula (I)

Aplicando la fórmula (III) y calculando con la ecuación (I) se obtuvieron las distancias "D" correspondientes a los días 21 de todos los meses del año, valores que determinaron en principio la posición de 7 orificios que se deben practicar sobre las *Correderas Laterales* del aparato. Obtenidas las distancias "D" desde el orificio central a cada orificio representativo de las posiciones fijas mensuales, se adoptó la mayor para dimensionar el ancho mínimo de la *Banda Circular bloqueadora*, lográndose que entre cada una de las posiciones fijas mensuales y con la mínima dimensión del ancho de banda, se produzca la suficiente superposición que asegure la no filtración de los rayos solares, entre cada postura mensual consecutiva.

Separación entre $S_1 = D_1 - D_0 \rightarrow 35,0\text{mm} - 0,0\text{mm} = 35,0\text{mm}$

Separación entre $S_2 = D_2 - D_1 \rightarrow 64,0\text{mm} - 35,0\text{mm} = 29,0\text{mm}$

Separación entre $S_3 = D_3 - D_2 \rightarrow 76,0\text{mm} - 64,0\text{mm} = 12,0\text{mm}$

Debido a que la separación S_1 entre D_1 y D_0 presenta la mayor dimensión (35,0mm) entre las tres distancias "D" calculadas y con el fin de utilizar una banda bloqueadora con un ancho que asegure la superposición entre dos puntos fijos sucesivos y además tenga un ancho máximo que produzca la menor obstrucción de la semiesfera celeste sobre el domo del solarímetro, fue elegida una planchuela con medidas comerciales de 37,5mm x 2,0mm. Este ancho supera en 2,5mm la separación máxima S_1 calculada (35,0mm), lo que significa una superposición de 1,25mm, tanto para la posición anterior como para la posterior de cada posicionamiento fijo del círculo bloqueador.

Los solarímetros de uso corriente, tienen un sensor con un diámetro generalmente no mayor a los 10,0mm, valor éste que indica la dimensión máxima que deberá tener el solarímetro de medición acoplado al dispositivo. Esta dimensión es bastante menor al de la banda circular bloqueadora elegida. Esta diferencia dimensional, asegura una buena intercepción de los rayos solares en la superposición de cambio entre cada postura de puntos fijos, garantizando que para cada postura mensual exista un bloqueo permanente de los rayos solares, de acuerdo con el cálculo de aproximación.

Las doce (12) posiciones mensuales calculadas quedaron materializadas en principio y antes de verificado el funcionamiento del dispositivo, con siete (7) puntos fijos, por medio de orificios practicados en las *Correderas Laterales*, en correspondencia con los días 21 de cada mes del año, según el orden y la distribución siguiente:

- Los dos (2) puntos extremos de las *Correderas Laterales* son para la posición de los dos (2) solsticios; el superior corresponde al *invierno*, representando el punto fijo que localiza al bloqueador en la más baja de sus posiciones y el inferior corresponde al *verano*, representando el punto fijo que localiza al bloqueador en la más alta de sus posiciones; para el caso del hemisferio Sur los días 21 de junio y 21 de diciembre respectivamente.
- El punto central es para las posiciones de los dos (2) equinoccios, en su recorrido ascendente para primavera y en el descendente para el otoño, correspondiendo para el caso del hemisferio Sur los días 21 de septiembre y 21 de marzo respectivamente.
- Los cuatro (4) puntos fijos intermedios, entre el central y los extremos, son representativos de los meses intermedios para los días 21 de cada mes. Están colocados de a pares según el recorrido ascendente o descendente del *bloqueador solar*. En el tramo inferior son: 21/11 con 21/01 y 21/10 con 21/02, y en el tramo superior 21/08 con 21/04 y 21/07 con 21/05.

Del análisis de los valores obtenidos para las distancias “D”, se presentaron dos casos diferenciados:

CASO 1: Para latitudes mayores a 23°30', las distancias desde el orificio central a cada punto fijo de posicionamiento mensual, se mantienen constantes para todos los grupos de meses correspondientes a cada posición.

CASO 2: Para latitudes menores a 23°30', las distancias calculadas no son constantes. No obstante estas distancias se mantienen todas por debajo de los valores constantes obtenidos en el CASO 1.

Con el fin de mantener una correcta y más eficiente cobertura solar para todos los casos, se asumieron los valores constantes del CASO 1 para todos los meses del año en cualquier latitud terrestre.

Quedaron así determinados siete (7) orificios que se practicaron sobre las *Correderas Laterales*, los que representan las doce (12) posiciones fijas de cambio mensual correspondientes a los días 21 de cada mes respectivo. Todas las distancias obtenidas entre orificios para los posicionamientos fijos mensuales, fueron promediadas y redondeadas al milímetro con el fin de hacerlas de un fácil manejo en la construcción de todos los componentes del *Bloqueador Solar*. Las décimas de diferencia en el redondeo no presentan dificultad en la exactitud de la medición y no son significativas, no arrojando errores durante el bloqueo de la radiación solar directa.

VERIFICACION DE FUNCIONAMIENTO

Con la base de datos estadísticos, hora a hora de un año (junio/2003 a mayo/2004) y los seguimientos de funcionamiento del *Bloqueador Solar*, se pudo verificar que en los cambios de la posición mensual anterior y posterior a los equinoccios, la banda circular dejaba filtrar algunos rayos solares sobre el domo del solarímetro por haber considerado el cálculo sobre el centro del sensor y no sobre el borde de su diámetro. Por ello se debió efectuar una modificación que garantizara la cobertura total del sensor del solarímetro en cada cambio de posición mensual. Se analizaron varias correcciones posibles, detectándose dos como las más sencillas y coherentes con la necesaria amplitud y exactitud de las mediciones.

1^{ra} Opción: Practicar un orificio adicional intermedio entre el central (equinoccios) y los dos inmediatos anterior y posterior a éste, lo que implicaba realizar, sólo para estos casos, un cambio de posición quincenal del bloqueador y no mensual. Estos nuevos orificios practicados sobre las *Correderas Laterales* no serían siete (7) sino nueve (9); cuatro (4) de cambio mensual y cinco (5) de cambio quincenal.

2^{da} Opción: Aumentar el ancho de la banda circular, hasta obtener una cobertura total del sensor. Esta elección si bien otorgaría la cobertura necesaria, incrementa la obstrucción de la bóveda celeste, perjudicando la obtención de la máxima captación de la radiación solar difusa, principal objetivo del bloqueador, obligando a una mayor corrección del error de medición calculado y explicitado en el párrafo siguiente.

Analizadas ambas opciones se eligió la 1^{ra} de éstas, por ser la que otorgaba una mayor cantidad de radiación difusa registrada y con un menor Factor de Corrección (F_C), aumentando la precisión del registro obtenido.

CORRECCIÓN DE LAS MEDICIONES DE RADIACIÓN SOLAR DIFUSA Y DIRECTA

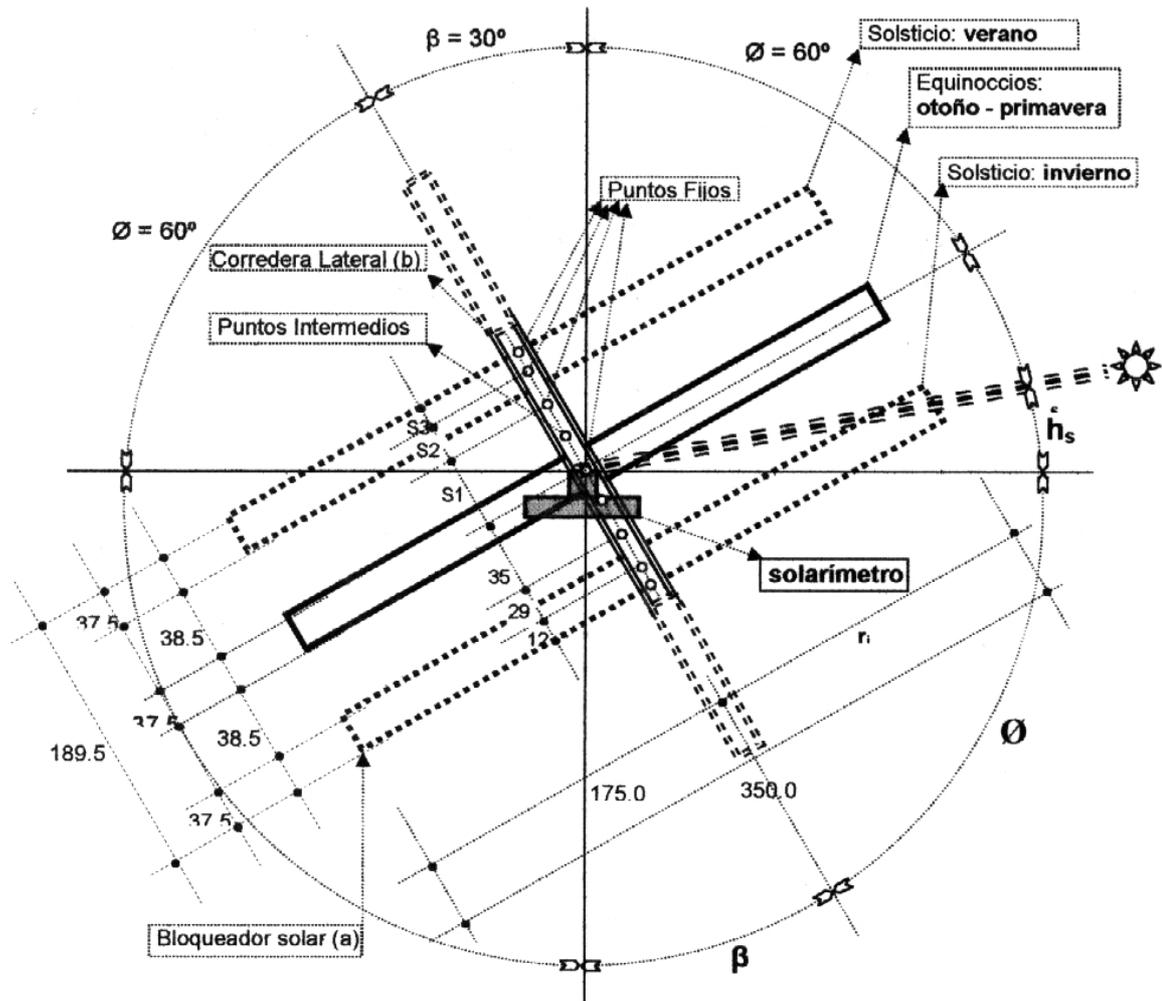
Debido a que la banda circular bloqueadora se interpone entre la semiesfera celeste y el domo del solarímetro, no sólo se intercepta la radiación solar directa, sino también parte de la radiación solar difusa, por lo que debe hacerse una corrección que complete las lecturas de ésta y en consecuencia también las de radiación solar directa. Con el diámetro interior de la circunferencia del *bloqueador solar* (350,0mm), se calcula la superficie de la bóveda celeste aparente sobre el domo del solarímetro, a la cual se le deberá descontar la sombra que le produce la banda circular del *bloqueador solar*.

Este cálculo se ejecuta para los equinoccios, por ser ésta la posición aparente del sol que promedia las separaciones entre las horas de todos los meses en sus posicionamientos fijos. La corrección calculada es $F_C = 1,12$, lo que permite calcular la radiación solar directa total, para una determinada hora y punto terrestre, aplicando la fórmula siguiente:

$$RG_{Difusa\ Total} = \text{Factor de Corrección } (F_C) \times RG_{Difusa\ Medida} ; \quad RG_{Difusa\ Total} = 1,12 \times RG_{Difusa\ Medida} \quad (IV)$$

Debido a que los rayos solares se asumen paralelos en su arribo a cualquier punto terrestre y con el fin de establecer una exacta correspondencia para solsticios, equinoccios y meses intermedios, que asegure el paso del sol los días 21 de cada mes por el centro de la banda circular del *bloqueador solar* y en correspondencia con el centro del domo del solarímetro, los cambios de posición mensual de los meses de los solsticios y sus inmediatos anterior y posterior (enero, mayo, junio, julio, noviembre y diciembre), se deberán efectuar en las fechas intermedias entre cada día 21, esto es los días 5 o 6 de cada mes. Para el caso de cambios quincenales, se deberán utilizar los días 21 de los meses de los equinoccios y sus inmediatos anterior y posterior (febrero, marzo, abril, agosto, septiembre y octubre), según corresponda al movimiento ascendente o descendente del *bloqueador solar*.

FIGURA 1: Gráfica esquemática: Vista lateral con 3 posiciones fijas y Distancias entre Puntos Fijos (orificios)
(Posición de solsticios y equinoccios). Gráfica sin escala; medidas en mm; para Latitud $\varnothing = 60^\circ$

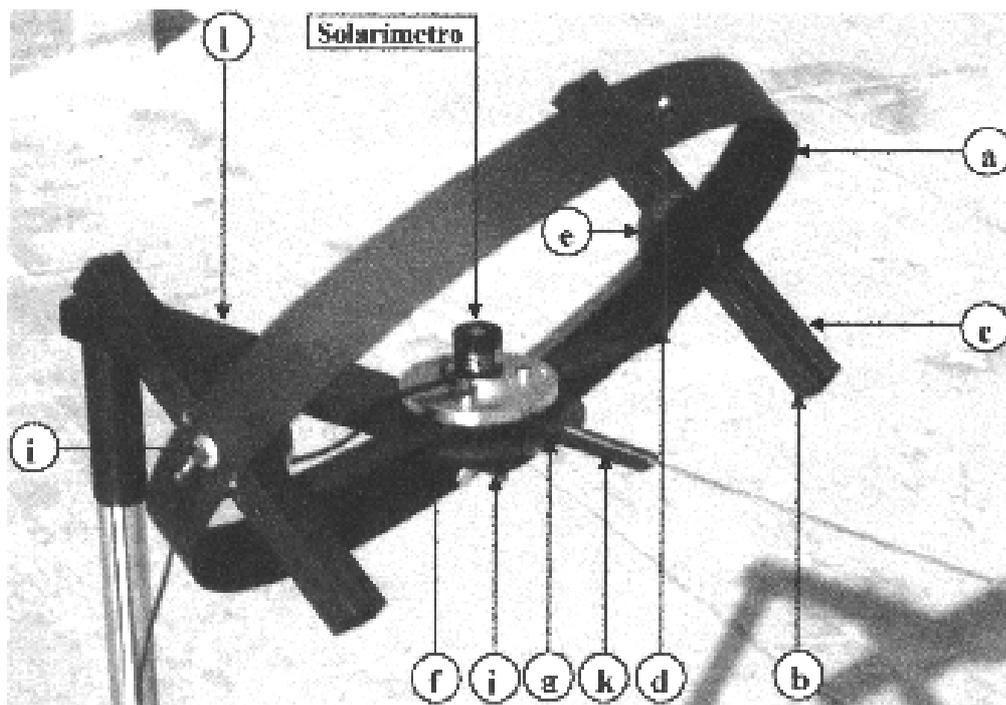


RESULTADOS

De acuerdo con lo programado en el cálculo cosmográfico, incluida la modificación introducida con los nuevos orificios intermedios explicitados en la Verificación de Funcionamiento y para una efectiva constatación de la exactitud del permanente sombreado del sensor durante las horas que brilla el sol durante todos los meses del año, se programó un seguimiento exhaustivo del funcionamiento durante otro año más (junio/2004 a mayo/2005), el que arrojó registros confiables y un correcto funcionamiento.

Los componentes del aparato se ejecutaron con perfilera de duraluminio anodizado, utilizándose soldaduras de precisión. Las uniones móviles están conformadas por bulonería de acero y los orificios han sido ejecutados y ajustados milimétricamente al diámetro del vástago de cada uno de los tornillos correspondientes, a fin de evitar errores de registro en su funcionamiento, por posibles desplazamientos mecánicos o térmicos. Todo el conjunto fue pintado con color negro mate, a fin de evitar posibles reflejos que arrojen errores en la medición.

FOTO 1



COSTOS

El costo total de materiales y mano de obra, de cada prototipo fue de \$145,00, correspondientes aproximadamente a US\$48,40, calculado al día 01/06/2004, lo que facilita y propicia una excelente accesibilidad comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Cottini, A. (1978) Asoleamiento; Edit. Fac. de Arq. (U. Mza.), Mendoza.
- Chandler, T.J. (1976) Urban Climatology And Its Relevance To Urban Design; Technical Note N°149, WMO N°438. Suiza.
- Facultad de Agronomía, UBA (1979) Guía de Trabajos Prácticos de *Meteor. y Climatología. Agrícolas*. Bibl. UBA; Apuntes.
- Givoni, B. (1976) Man, Climate And Architecture. Applied Science Publishers Ltd., 2da. Edición. London.
- Houston, M., Khattar, M. (1983) Climate Balanced Design; Apuntes.
- Mazzeo, N. (1984) Bases Físicas del Clima: Micrometeorología; F. de Cs. Exactas y Nat., UBA; Apuntes, UBA.
- Mazzeo, N. (1984) Aplicaciones del Diag. Climático a Problemas Relacionados c/el Urb.; F. Cs. Ex. y Nat. (UBA); Apuntes.
- Mazria, E. (1983) El Libro de la Energía Solar Pasiva. E. GILI; México.
- Miller, A. A. (1975) Climatología; Edit. OMEGA; Barcelona; 4ta. Edición.
- Olgyay, V. (1998) Arquitectura y Clima. Edit. GILI; Barcelona.
- Papparelli, A., et al (2001) Arquitectura y Clima en Zonas Áridas. Edit. Fundación UNSJ, 2da. Edición.
- Szokolay, S. V. (1979) Energía Solar y Edificación. Edit. Blume, Barcelona.

ABSTRACT: The work exposes a technological development whose objective is to project and to build the prototype of an *instrument of manual operation*, which coupled with a digital solarimeter allows to measure the diffuse solar radiation, in continuous way, hour by hour during every day of the year. This instrument also allows the calculation of the direct solar radiation, for the same period, from the sunrise until the sunset. Two prototypes were executed, one portable and another fixed installed attached to a digital meteorological station placed within the Great San Juan's urban area. From October 2003 its continuous verifying is carried out, for the verification of its correct operation according to the cosmographic calculations. The built prototype was of very low comparative cost.

Keywords: diffuse solar radiation; measurement device; climatology