

**Especialmente en otoño
e invierno es necesario optimizar
la captación de energía por
los invernaderos.**

Radiación solar en invernaderos mediterráneos (II)

HERNÁNDEZ, J.¹, ESCOBAR, I.²,
CASTILLA, N.³

1. Univ. Almería

2. Est. La Nacla. Caja Rural de Granada

3. CIFA-Granada



Antecedentes

La gran mayoría de nuestros invernaderos son invernaderos pasivos donde la energía del sol es el único aporte energético, sin calefacción ni sistemas de control activo. Debemos optimizar la captación de la radiación solar de nuestras estructuras, fundamentalmente en las épocas de otoño e invierno en que la radiación es menor. Nuestros cultivos están en

Invernaderos adosados con 27° de pendiente.

esa época muy por debajo del óptimo de radiación (luz) y si pudiéramos conseguir mayores dotaciones de radiación, nuestras producciones serían más altas.

A finales de la octava década, se inició un estudio para mejorar la captación de radiación en los invernaderos tipo parral (proyecto de investigación INIA 8010) en los meses de otoño e invierno, cuando los niveles de ra-

diación son más bajos. El estudio comprendía dos fases, de las cuales sólo se ultimó la primera, pues se canceló la realización de la segunda.

Como resultado de dicha primera fase, se desarrolló un invernadero parral de bajo coste, mejorado respecto al plano convencional, con cubierta asimétrica, orientado este-oeste (cumbre) y ángulos de 8° al sur y 18° al norte.

Esta estructura asimétrica permitía una mejor captación de radiación en otoño-invierno que el invernadero parral plano, sin ofrecer gran resistencia a los vientos dominantes en la costa mediterránea andaluza, del sudoeste (Castilla y col., 1990).

■ La gran mayoría de los invernaderos españoles reciben su energía exclusivamente del Sol, por lo cual se debe optimizar la captación de la misma

Llegaron a recomendarse invernaderos tipo parral, multimodulares, de cubierta asimétrica, orientados este-oeste (cubierta), con ángulos de cubierta en el lado sur de 8° a 11° y en el lado norte de 18° a 30°.

La supresión de la segunda fase de dicho estudio (proyecto INIA 8010) indujo que este prototipo de invernadero de cubierta asimétrica se difundiese, con ligeras variantes, llegando, incluso, a diseñarse invernaderos de cubierta asimétrica curva, orientados este-oeste (cubierta) y con más pendiente en su lado norte que en el sur. Esta expansión fue, claramente, prematura.

Proyectos de investigación 1996-2001

Con posterioridad, en la segunda mitad de la novena década, investigadores del CIFA (Centro de investigación y formación agraria) de Granada y del IRTA de Cabrils (Barcelona) abordaron un nuevo estudio con el objetivo de optimizar el uso de radiación en los invernaderos parral de bajo coste (Proyectos INIA 96061, CICYT-AGF-1996-2512), contando con la colaboración de Caja Rural de Granada (Finca Experimental La Nacla, en Motril).

Figura 1:

En un invernadero multicapilla, (orientado E-O), el primer módulo (al Sur) recibe más luz que los siguientes. Los resultados obtenidos con invernaderos unimodulares no son aplicables a los invernaderos multimodulares, pues éstos son afectados por la sombra de los módulos contiguos.

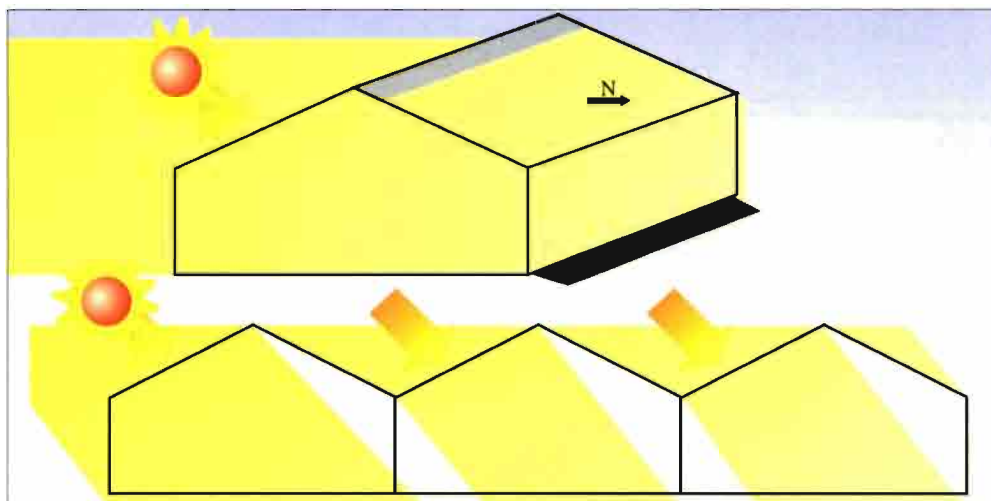
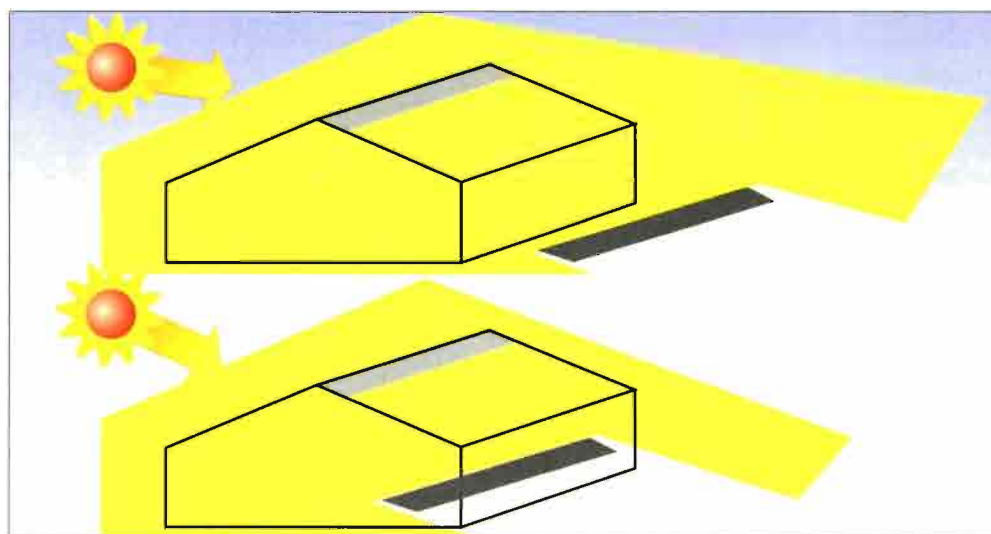


Figura 2:

En un invernadero orientado E-O, las sombras de los elementos estructurales se van moviendo durante el día en función de la incidencia de los rayos solares.



Era necesario profundizar en el estudio de las pendientes de cubierta.

Buena parte de los estudios efectuados sobre radiación en invernadero se han efectuado en invernaderos unimodulares y, obviamente, los resultados no son extrapolables a invernaderos mul-

timodulares, pues las condiciones de incidencia de los rayos solares varían, debido a las diferencias en transmisividad entre ambos lados de la cubierta, en invernaderos orientados este-oeste, y a las sombras de la propia estructura en los módulos adyacentes (figuras 1 y 2), especialmente si las pendien-

tes son elevadas (Hernández y col., 2001).

Inicialmente se desarrolló un complejo modelo matemático de simulación de la captación de radiación solar en invernadero. A continuación, se validó el modelo contrastando los resultados teóri-

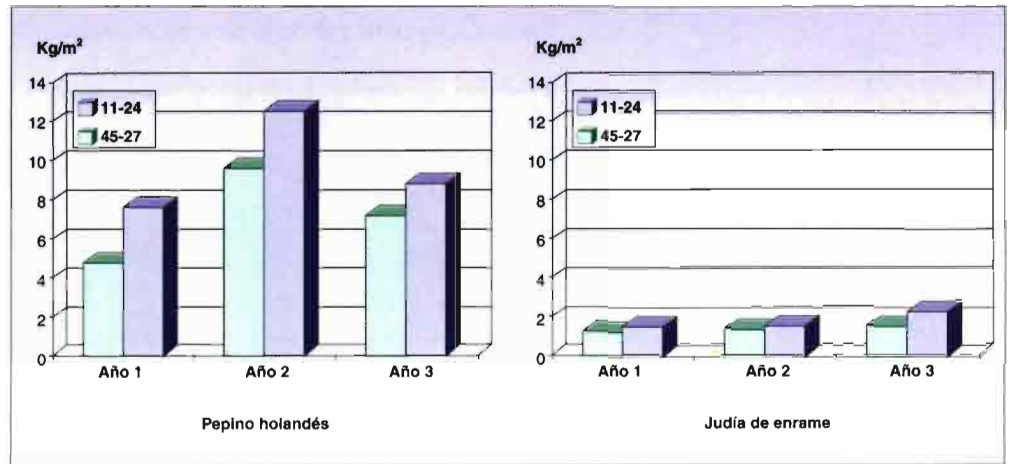
■ Durante otoño-invierno, el invernadero experimental construido con alta pendiente al lado sur captó más radiación que el convencional

cos con los medidos experimentalmente en maquetas de invernadero a escala.

A la vista de los resultados

Figura 3:

Producción de pepino holandés de 1ª calidad (ciclo de otoño-invierno) y producción precoz de judía de 1ª calidad (ciclo de primavera) (kg/m²).



obtenidos con las maquetas y con el modelo de simulación se montaron, a escala real, dos invernaderos parral de cubierta asimétrica.

El primero de ellos, asimétrico convencional, con ángulos de cubierta de 11° (lado sur) y 24° (lado norte). El segundo, nue-



NOVEDADES AGRICOLAS
Dpto. de Formación

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

(STPP) Sección de títulos propios y postgrado

III CURSO INTERNACIONAL

tecnología para cultivos de alto rendimiento

del 25 de febrero al 14 de marzo de 2002

Toda la información sobre el curso en:
<http://www.novedades-agricolas.com>
esther@novedades-agricolas.com
 Teléfono: +34 968 891519

contenidos

RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN
 NUTRICIÓN MINERAL
 SUSTRATOS Y CULTIVOS SIN SUELO
 INFRAESTRUCTURA Y AUTOMATIZACIÓN
 MATERIAL VEGETAL Y MANEJO DE CULTIVOS HORTÍCOLAS

Bloque Teórico. Fundamentos básicos siempre orientados a aspectos prácticos de la tecnología empleada en la agricultura intensiva de los cultivos objeto del curso.
Bloque Práctico. Desarrollo de tareas relacionadas con la temática tratada. Estas prácticas incluyen el aprendizaje "in situ" de las técnicas impartidas en las clases teóricas.
Visitas teórico-prácticas. Visitas a empresas, fincas modelo, centros de ensayo y otras instalaciones de interés para los destinatarios. Dentro del calendario de visitas, además de las desarrolladas en las provincias de Murcia y Almería, se llevará a cabo una salida opcional de larga distancia: Viaje a Holanda. Cultivos de interés y centro de investigación.

matrícula

Precio de matrícula: 700 USD
 Incluye:
 -Clases teóricas y prácticas, visitas, documentación y material didáctico.
 -Traslados durante el curso, interiores (Murcia y Almería).
 -Titulación y diploma del Curso de Formación Específica.

Alojamiento en régimen de pensión completa: 1300 USD
 Opción: Viaje a Holanda. 500 USD

PLAZAS: limitadas a 30 asistentes. Admisión por orden de recepción del boletín de preinscripción.

vo prototipo, poseía ángulos de cubierta de 45° (lado sur) y 27° (lado norte). Ambos tenían el mismo volumen.

Se evaluó en los dos invernaderos la respuesta de los cultivos de pepino largo, en ciclo de otoño-invierno, y de judía de enrame, en ciclo de primavera. Los resultados obtenidos a escala real confirmaron los conseguidos a nivel teórico. El invernadero de alta pendiente, al lado sur, captó más radiación en otoño-invierno que el convencional. Estas diferencias se reducían al avanzar el invierno a consecuencia de la creciente elevación del sol al llegar la primavera, llegando a anularse al inicio de primavera e, incluso, a invertirse la tendencia, de modo que al acercarse el verano, el invernadero convencional capta más radiación que el prototipo de alta pendiente (45°/27°) (Castilla y col, 1999). Mas al acercarse el verano, la radiación no es el fac-

■ **Los resultados de estudios obtenidos en invernaderos unimodulares no son extrapolables a multimodulares, pues la incidencia de los rayos solares varía**

tor más limitante de la producción en nuestros invernaderos, donde las inadecuadas temperaturas y los pésimos niveles de humedad del aire son más limitantes que la radiación (luz).

Avance de resultados

Los resultados agronómicos de los cultivos siguen un claro paralelismo con la radiación, a lo largo de las tres campañas en que

se evaluaron (figura 3). Los resultados económicos, asimismo, demostraron claramente las ventajas del invernadero de alta pendiente respecto al convencional en producto bruto (valor de las ventas en pesetas por m², figura 4) (Castilla y col, 2001). Contribuyen a resaltar estas diferencias las mayores cotizaciones de las hortalizas en época invernal.

Consideraciones finales

Estos mayores ángulos de cubierta en el lado sur de los invernaderos asimétricos son similares a los recomendados en nuestras latitudes (37° N) para la colocación de colectores solares, empleados para captar energía solar para calentar agua en viviendas (ángulo colector = latitud + 10°).

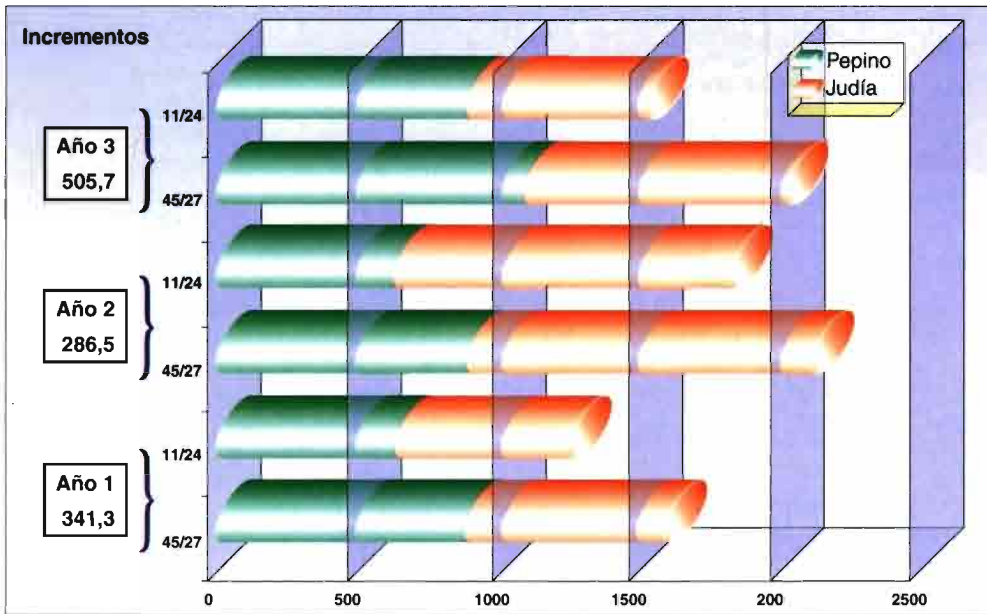
La mayor dificultad de construcción y de manejo de invernaderos con pendiente elevada, así como los posibles problemas eólicos, pues presentan más frente



un extraordinario terreno de cultivo ?

Figura 4:

Producto bruto (pta/m²) de ambos invernaderos. A la izquierda se señalan los incrementos obtenidos por el invernadero de alta pendiente en comparación con el asimétrico convencional.



al viento, indujeron al equipo investigador a buscar una solución de compromiso, a fin de disponer de un invernadero de coste asequible, y buenas condiciones de captación de radiación solar y con facilidad de construcción y manejo.

Se propone un invernadero de cubierta simétrica, con ángulos del orden de 27° que resulte fácil de construir (figura 5). Con an-

■ **Los resultados económicos demostraron claramente las ventajas de producto bruto obtenidas con el invernadero de alta pendiente**

Siempre al Día

Las mejores variedades
La técnica más avanzada

Esquejes de clavel • Esquejes de crisantemo • Plantas de gerbera



tecniplant

Amplio surtido de claveles llenos de color y exclusividad. Tratados con la mayor garantía de calidad por especialistas en selección y reproducción de plantas de clavel. Solicite nuestro catálogo.

Asturias y Cantabria

AGRICOLA CUELI, S.A.
Álvaro de Albornoz, 3
33207 Gijón - Tel.: 985 35 80 20

Galicia

BACELO, S.L.
C/. Carregal, 70
Tel. 986 63 34 09 - Fax.: 986 63 34 90
36740 TOMIÑO (Pontevedra)

Cádiz y Sevilla

FRANCISCO GUERRERO ODERO
Tel. Móvil. 609 86 79 07

Murcia y Alicante

BULBO IMPORT S.L.

Antonio Almorte Mesa
Av. Andalucía, 19
Tel.: 950 46 44 68 - Fax.: 950 46 40 13
04640 PULPI (Almería)

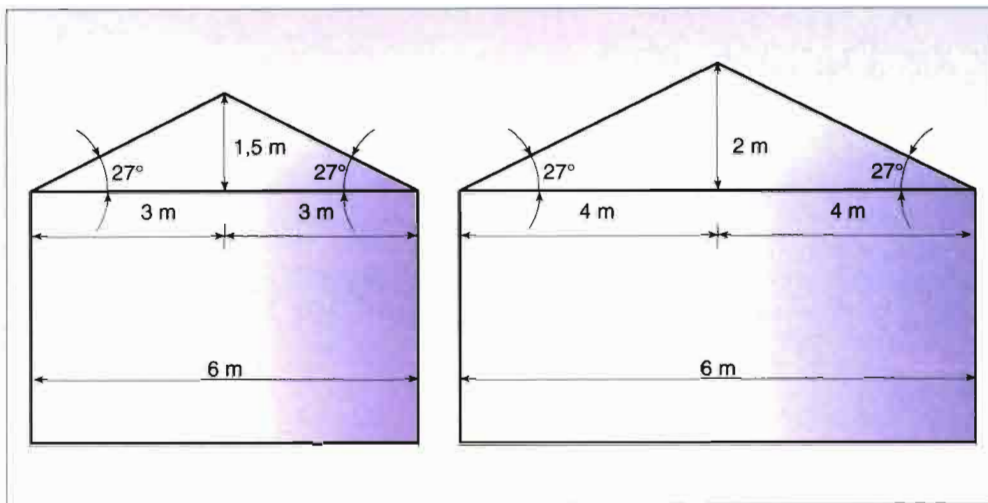
C/. Argentera, 29 - 6^º 1^º
43202 REUS (Tarragona)
Tel.: 977 / 32 03 15
Fax: 977 / 31 74 56

e-mail: tecniplant@ediho.es

chos de módulo de 6 m pueden evitarse los puntos de alambre, salvo en zonas muy batidas por el viento, entre cumbrera y canalón, impidiendo la entrada de agua de lluvia. Esa pendiente permite evacuar con facilidad el agua de la lluvia por la cara exterior y que el agua condensada por la cara interior del plástico resbale sin caer al cultivo para recogerla en el canalón hasta el exterior.

En la actualidad, se está evaluando este prototipo 27°/27° y los resultados preliminares indican, tal como se preveía, un comportamiento intermedio entre el asimétrico convencional (11°/24°) y el asimétrico de alta pendiente (Hernández y col., 2001). Por ello, parece que el 27°/27° es un buen compromiso de invernadero eficiente en captar radiación a coste asumible. Como detalle constructivo que hay que tener en cuenta para este invernadero 27°/

Figura 5:
invernaderos de cubierta simétrica de 27° no presentan grandes problemas constructivos.



27° y con objeto de conseguir una mayor firmeza en el doble tejido de alambre de la cubierta, se pue-

de situar en las partes frontales de las capillas, entre la cumbrera (raspa) y la banda o el canalón,

agrocomponentes
componentes del Invernadero

es posible.

VENTANAS MOTORREDUCTORES CREMALLERAS PANTALLAS TÉRMICAS MALLAS REFRIGERACIÓN CALEFACCIÓN SISTEMAS DE CONTROL

Greenhouses, components. Torre: Pacheco, Murcia, Spain. Telf. +34 968 58 57 76. Fax +34 968 58 57 70. www.agrocomponentes.es

un soporte vertical que permita extender un cable intermedio en la cubierta (figura 6) que evite el posible movimiento del plástico entre ambos tejidos en caso de vientos fuertes.

Es conveniente mantener las cubiertas de los invernaderos bien limpias, especialmente en otoño e invierno, para maximizar la radiación (luz), así como limitar, en lo posible, el encalado de la cubierta (Morales y col., 2000).

Los invernaderos bien ventilados sólo necesitan encalarse, en todo caso, durante un breve periodo.

■ Invernaderos simétricos de 27° de pendiente obtienen resultados aceptables de captación de radiación, sin las dificultades de construcción de los asimétricos de alta pendiente

El uso de láminas plásticas de efecto antigoteo evita la condensación del vapor de agua en gotas gruesas en la cara interior de la lámina plástica, formándose una película continua de agua.

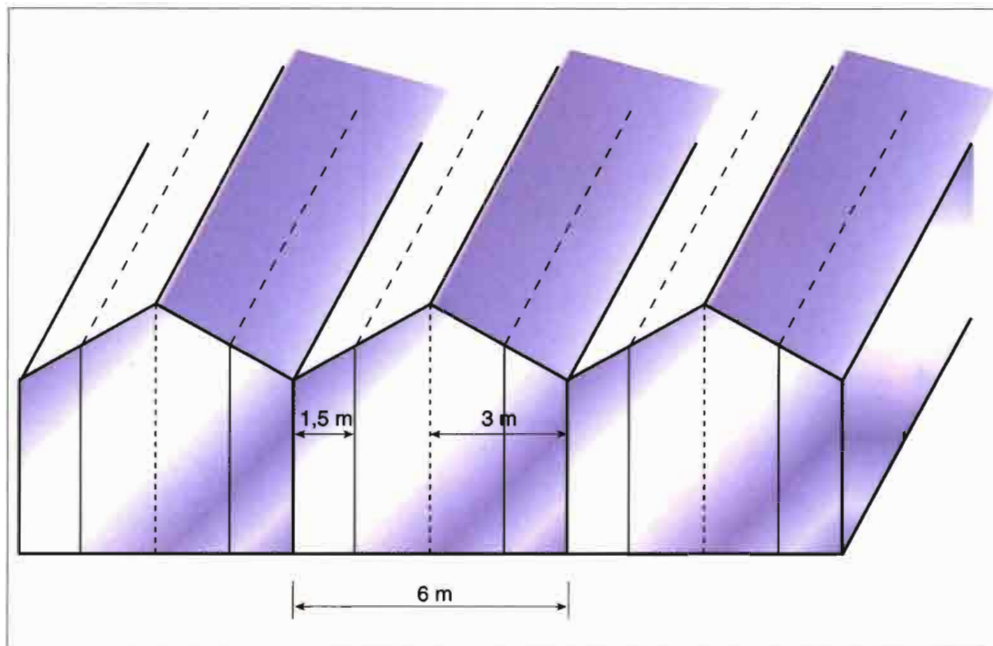
Las gotas gruesas reducen la transmisividad y disminuyen la radiación (luz) dentro del invernadero (Zabeltitz, 1998).

A la hora de construir el invernadero será necesario colocar las ventanas, mallas, equipos (pantallas térmicas, ...) y demás elementos estructurales de modo, que, sombreando lo menos posible, cumplan con su misión.

Es positivo pintar de color blanco diversos elementos del invernadero (soportes, equipos,...) para aprovechar mejor la luz reflejada por dichos esos elementos, técnica frecuente en países nórdicos.

Figura 6:

Para conseguir un mayor anclaje de la lámina plástica se coloca longitudinalmente un cable intermedio entre raspa y amagado (canalón).



Vista interior de un invernadero simétrico con 27° de pendiente.



Por último, no olvidemos las técnicas de cultivo que optimizan el aprovechamiento de la radiación en el cultivo: orientación de las líneas de cultivo norte-

sur, densidad de plantas adecuada al ciclo empleado, poda, entutorado, empleo de acolchado, etc.



Se lo agradecerán



Sus flores, sus hortalizas y hasta su bolsillo. Todos se lo agradecerán. Porque ALUMINET® es una PANTALLA TERMO-REFLECTORA de alta calidad que, gracias a su especial diseño, garantiza el mejor control del microclima en invernaderos. Sus características de flexibilidad, durabilidad, termicidad y reflectividad, que aporta más luz difusa, estimulan la productividad. Ahorra energía las noches de invierno y regula la luz y el calor los días de verano.



ALUMINET®
PANTALLA TERMO-REFLECTORA

Polysack Europa S.L.

Dirección Postal: Apartado de Correo 35.050 - C.P. 08080 Barcelona (España)

Tel 93 228 21 03 - Fax 93 228 21 04 - E-mail: europa@polysack.com

Internet: www.polysack.com

Polysack Plastic Industries (R.A.C.S) Ltd.

Nir Yitzhak, D.N. Negev 85455, ISRAEL. Tel.: 972 8 9989721 - Fax: 972 8 9989710

E-mail: sales@polysack.com - Internet: www.polysack.com

ALUMINET es la marca registrada de Polysack, Plastic Industries (R.A.C.S.) Ltd. El producto ALUMINET está protegido por la Patente Nº 5.458.957 de los E.E.U.U., la Patente Europea Nº 0 723 606 y la Patente Israeli Nº 103937.



HDPE