

## ESTUDIO DE CASO

### A) DISEÑO DE ALMACENAMIENTO EN CÁMARA

Debido a sucesivas pérdidas de calidad durante el almacenamiento refrigerado de productos frutihortícolas, el dueño de un establecimiento, pidió asesoramiento para determinar las causas posibles de pérdida y dar una solución. Además, el dueño del establecimiento pidió que se le dieran indicaciones de cómo distribuir los productos frutihortícolas que almacena en las cámaras y espacios disponibles y que le expliquen las razones y justificativos para tal decisión. Justificó su pedido en su necesidad de tener disponibles los productos para la venta en las épocas del año de mayor demanda.

Para dar respuesta a lo solicitado se inició el trabajo realizando una visita al establecimiento de almacenamiento de frutas y hortalizas

El establecimiento de almacenamiento y distribución de frutas y hortalizas, ubicado en El Palmar 550 en la ciudad de San Salvador de Jujuy. El mismo cuenta con cuatro cámaras destinadas a almacenamiento refrigerado y pallets para almacenar en condiciones ambientales. En la tabla 1 se muestran las condiciones de humedad y temperatura de las cámaras 1, 2 y 3. La cámara 4 está apagada y sólo se enciende y acondiciona para almacenar productos con requerimientos diferentes a los establecidos en las cámaras 1, 2 y 3.

Los vegetales con los que trabaja el establecimiento son principalmente: tomate, naranja, acelga, ananá, berro, zanahoria, banana, papa, brócoli, limón, melón, cebolla, espinaca, palta, pomelo, tomate, mango, lechuga, papaya, manzana y chirimoya.

Tabla 1: Condiciones de almacenamiento de las cámaras

Cámara	Temperatura °C	Humedad %
1	0-2	90-98
2	7-10	85-95
3	13-18	85-95

Mediante la lectura de los registros de almacenamiento se describen a continuación los problemas que se presentaron durante el año:

1. La banana se almacenó en la cámara 2. Cuando el producto salió a la venta se observó un ennegrecimiento general de la cáscara.
2. Los tomates y las zanahorias se almacenaron en la cámara 1 durante el otoño. Durante la venta hubo reclamos debido a la presencia de sabor amargo en las zanahorias.
3. Durante el almacenamiento de acelga, espinaca y lechuga (en el invierno) en la cámara 1, se presentó una falla en el humidificador a la mitad de tiempo de almacenamiento, disminuyendo la humedad de la cámara a valores por debajo de 85%. Esta situación se mantuvo el resto del tiempo de almacenamiento.

## **B) OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS DE ALMACENAMIENTO REFRIGERASO PARA SEMILLAS**

La creciente incorporación de tecnología en las actividades rurales ha traído, en los últimos años, un importante caudal de nuevas oportunidades de negocios y de mejoramiento de la rentabilidad, en algunos tipos de explotaciones. El almacenamiento refrigerado de semillas, puede ser considerado como un caso paradigmático. Tradicionalmente se depositan las semillas, ya embolsadas, en galpones de estructuras metálicas con paredes y techos de chapa. En estas condiciones, las semillas sobrantes de una campaña quedan almacenadas hasta el comienzo de la próxima, durante casi un año. De esta manera quedan expuestas a las altas temperaturas durante la temporada de verano, con significativas mermas en su rendimiento posterior.

La experiencia ha demostrado que el enfriamiento y el control de la humedad en los depósitos permite conservar las características originales de germinabilidad de las semillas, evitando con ello las importantes pérdidas económicas que se producen habitualmente cuando las semillas quedan depositadas en condiciones de temperatura y humedad inadecuadas durante prácticamente un año.

La industria ha desarrollado equipos de enfriamiento y de control de la humedad, cuyo rendimiento y costo operativo puede ser mejorado sensiblemente mediante la colocación de una aislación térmica de espuma rígida de poliuretano (PUR) en paredes y techos de las cámaras de almacenamiento.

En el presente trabajo se solicita determinar los espesores de aislación de espuma rígida de poliuretano (PUR) más convenientes, desde el punto de vista económico, para una cámara de semillas de maíz, localizada en el sur de la provincia de Santa Fe.

De la observación de las condiciones de trabajo y climáticas en la zona del establecimiento acopiador se obtuvo la siguiente información:

**Condiciones Higrotérmicas:** Para lograr óptimas condiciones de almacenaje de las semillas de maíz se ha determinado la conveniencia de observar un parámetro que combina la temperatura con la humedad relativa, en el interior de la cámara. El valor del parámetro se forma con la suma de la temperatura (tomada en grados Fahrenheit) y de la humedad relativa ambiente (en por ciento). Se recomienda que el valor de este parámetro, al que conviene mantener durante el período de almacenaje, sea igual a 100, lo que se logra, preferentemente, con una temperatura de 10°C (50°F) y una humedad relativa del 50 %.

**Aislación Térmica:** Para optimizar los costos y los rendimientos del enfriamiento y control de humedad de las cámaras es necesario disponer una aislación térmica apropiada en los techos y en las paredes.

Para las condiciones operativas del enfriamiento de semillas, en la localización considerada, no resulta imprescindible la aislación térmica de los pisos, aunque ello puede ser conveniente desde el punto de vista económico. En la mayoría de los casos puede ser recomendable una aislación perimetral de los pisos, lo que es necesario analizar.

Por su facilidad de colocación, tanto en obras nuevas, como en obras existentes, la espuma rígida de poliuretano (PUR) aparece como el medio más idóneo para lograr una excelente aislación térmica. Posee el coeficiente de conductividad térmica más reducido de los materiales aislantes conocidos, lo que significa que se logra el mejor efecto aislante con el menor espesor. Posee una excelente adherencia al sustrato, muy buena resistencia a la humedad y compatibilidad química a los solventes a base de hidrocarburos.

Desde hace muchos años se lo emplea en diferentes aplicaciones de aislación térmica en explotaciones rurales, por lo que existe una amplia experiencia en cuanto a la bondad y durabilidad del producto.

**Espesores Económicos de Aislación Térmica:** Las normas IRAM dan una definición para el espesor económico de una aislación térmica, la que adaptada al presente caso, resulta:

Espesor económico, es aquel que tiene en cuenta los intereses económicos del propietario o del usuario del edificio en cuestión. Para calcular su magnitud se balancean los costos de amortización e intereses sobre el capital invertido para la aislación térmica, en relación con los que corresponden a los equipos de frío, incluyendo sus costos de mantenimiento, energía consumida, etc. La magnitud de estos espesores económicos se ve influenciada, entre otros, por los parámetros climatológicos correspondientes al lugar de emplazamiento del edificio a analizar.

En los gráficos incluidos en este trabajo se han calculado los costos de funcionamiento, desde el punto de vista térmico, de 1 m<sup>2</sup> de techo y 1 m<sup>2</sup> de pared. Para ello se sumaron los costos de amortización, mantenimiento e intereses sobre el capital invertido amortizado de la capacidad de frío necesaria para compensar las ganancias de calor (en verano) a través de esas superficies unitarias, y de su aislación térmica, con espesores de PUR de 0 a 12,5 cm. Se sumaron, además, los costos de la energía eléctrica, tomando diferentes tarifas para la misma, para tener en cuenta la diversidad de tarifas que se presenta en este aspecto, según los casos. Los parámetros climatológicos considerados corresponden a la zona sur de la provincia de Santa Fe.

En la figura 1 se muestra la variación del consumo de energía por m<sup>2</sup> de techo en función del espesor de la aislación de poliuretano y en la figura 2 se aprecia la variación de los costos de funcionamiento para diferentes tarifas eléctricas y, en ambos casos, para espesores de PUR de 0 a 12,5 cm. El espesor económico es aquel, que presenta el menor costo de funcionamiento para una tarifa de energía dada. Se han realizado además las gráficas de los consumos de energía y los costos de funcionamiento para espesores de aislación de PUR de 5,0 a 12,5 cm, tanto para las paredes como para los techos (figuras 3 a 6).

Se debe señalar la gran importancia que juega el costo de la energía en la economía de funcionamiento de la cámara. Las figuras 4 y 6 permiten apreciar cómo aumenta la necesidad de aislación, conforme sube la tarifa de la energía.

Para la construcción de las gráficas se han supuesto aplicables los precios corrientes en plaza, para obras de magnitud asimilables a una cámara típica para almacenaje de semillas, así como los precios y rendimientos usuales, para los equipos de frío. Las propiedades físicas del PUR: densidad 40 kg/m<sup>3</sup>; conductividad térmica (a 10 °C) 0,026 W/mK; resistencia a la compresión (mín) 150 kPa.

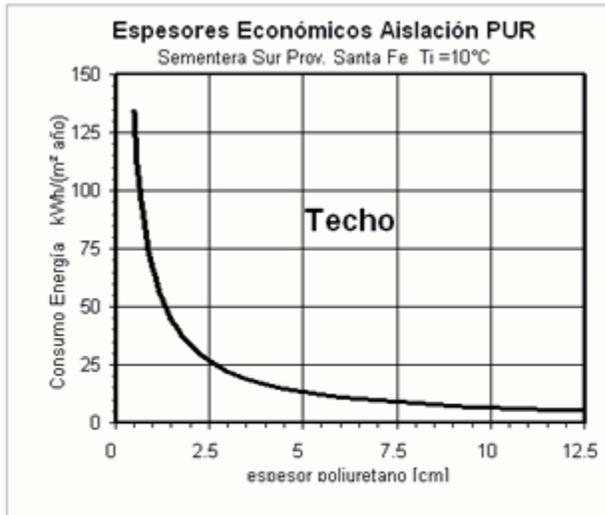


Fig 1: Consumo de energía eléctrica por temporada de refrigeración. Espesores de PUR de 0 a 12,5 cm.

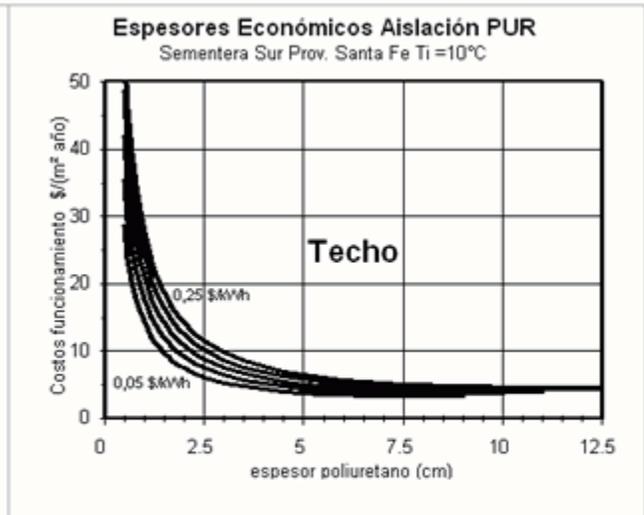


Fig 2: Costos de funcionamiento por temporada de refrigeración. Espesores de PUR de 0 a 12,5 cm.

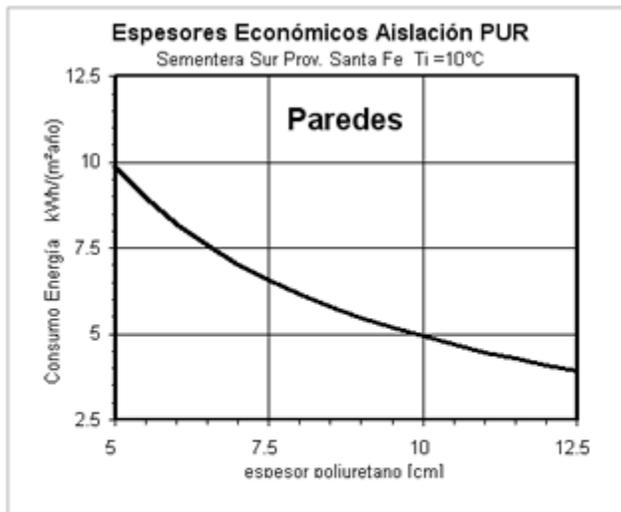


Fig 3: Consumo de energía eléctrica por temporada de refrigeración, aislación de paredes. Espesores de PUR de 5 a 12,5 cm.

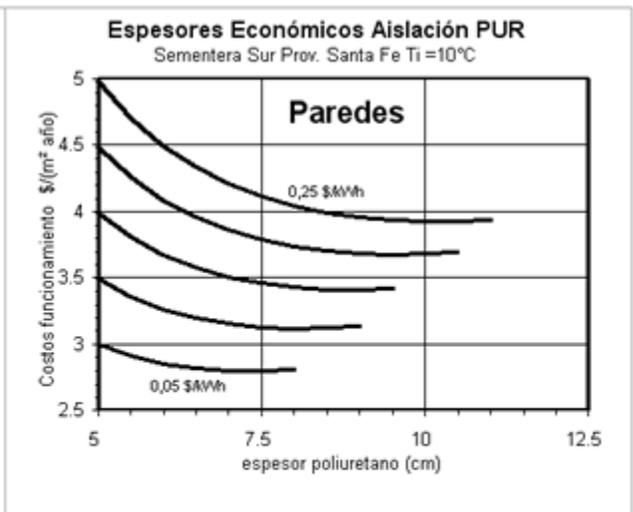


Fig 4: Costos de funcionamiento por temporada de refrigeración, aislación de paredes. Espesores de PUR de 5 a 12,5 cm.

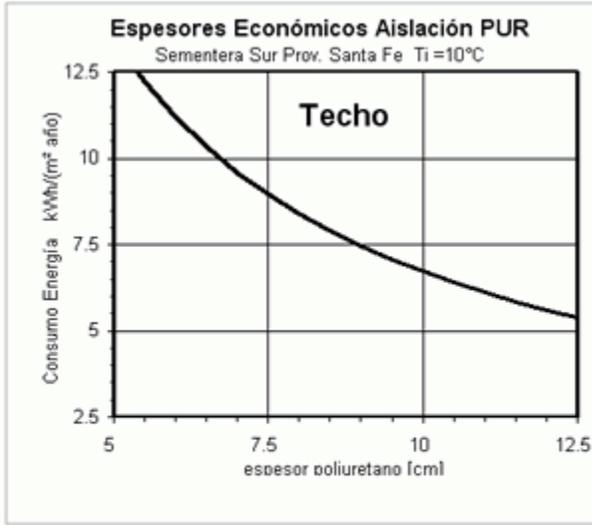


Fig.5: Consumo de energía eléctrica por temporada de refrigeración, aislación de techos. Espesores de PUR de 5 a 12,5 cm.

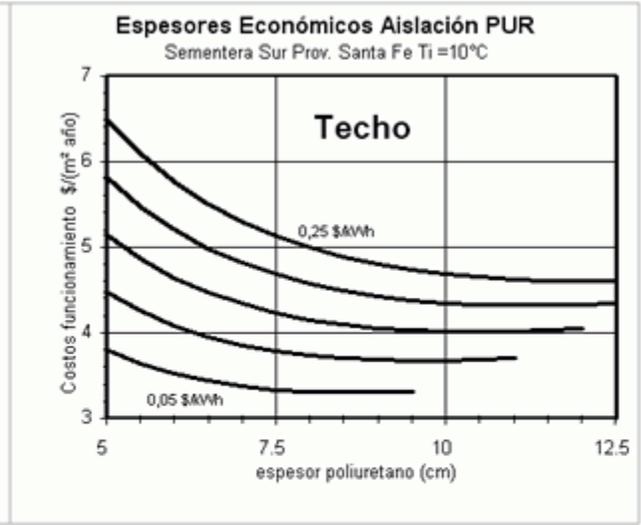


Fig. 6: Costos de funcionamiento por temporada de refrigeración, aislación de techos. Espesores de PUR de 5 a 12,5 cm.

- a) Teniendo en cuenta los costos asociados, recomendaría poner aislación a la cámara?
- b) En caso de considerar apropiada la aislación, ¿Cuál sería el espesor de aislante recomendado para el establecimiento en análisis? Fundamente su recomendación. (considere una tarifa energética vigente de 0,15 \$/kWh)