

**DISEÑO DE PAREDES PARA UN CUARTO DE REFRIGERACIÓN**

**WILKIN ARLEY VÁSQUEZ ESPINAL  
SONNY STEVEN RESTREPO MENA  
DAVID HENAO CARDONA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
TECNOLOGÍA ELECTROMECÁNICA  
MEDELLÍN  
2012**

**DISEÑO DE PAREDES PARA UN CUARTO DE REFRIGERACIÓN**

**WILKIN ARLEY VÁSQUEZ ESPINAL  
SONNY STEVEN RESTREPO MENA  
DAVID HENAO CARDONA**

**Trabajo de grado para optar el título de  
Tecnólogo en Electromecánica**

**ASESOR  
ARLEY SALAZAR  
INGENIERO MECÁNICO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA  
MEDELLÍN  
2012**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Medellín, 29 de Octubre de 2011**

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4. REFERENTES TEÓRICOS	12
4.1 REFRIGERACIÓN	12
4.1.1 La Congelación de Alimentos	12
4.1.2 La Conservación de los Alimentos	12
4.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO DE REFRIGERACIÓN	12
4.2.1 Tamaño de la Unidad de Refrigeración	13
4.2.2 Capacidad de Almacenamiento	13
4.3 EFECTOS DE LA HUMEDAD	14
4.4 PUERTAS Y OTROS DISPOSITIVOS	15
4.5 CÁLCULO DE LA CARGA DE CALOR	15
4.5.1 Calor de Conducción	16
4.5.2 Calor de Campo	16
4.5.3 Calor de Respiración	16
4.5.4 Carga Miscelánea	17
4.6 OTROS FACTORES A TENER EN CUENTA	17
4.6.1 Limpieza y Mantenimiento	17
4.6.2 Controles de Temperatura	17
4.6.3 Ubicación Adecuada de los Ventiladores	18
4.7 AISLAMIENTO	18
4.7.1 Valor R	18
4.7.2 Costo	20
4.8 POLIURETANO	20
4.8.1 Los Poliuretanos Termoestables	20
4.8.2 Los Poliuretanos Termoplásticos.	20
4.8.3 Uso de Poliuretano en Neveras	21
4.8.4 Espumas Como Aislantes Térmicos.	23
4.8.5 Proceso de Obtención	24
4.8.6 Propiedades Principales	25
4.8.7 Propiedades Físicas	26

4.8.8 Propiedades Mecánicas	26
4.8.9 Resistencia a los Productos Químicos	26
4.8.10 Poder Adhesivo	27
4.8.11 Inconvenientes	27
4.8.12 Principales Proveedores de Poliuretano	27
4.9 ESPESOR DEL AISLAMIENTO	28
4.10 CÁLCULOS CUARTO DE REFRIGERACIÓN	29
5. METODOLOGÍA	33
5.1 TIPO DE PROYECTO	33
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
5.2.1 Aplicada	33
5.3 INDUCTIVO	33
5.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	33
5.4.1 Fuentes Primarias	33
5.4.2 Fuentes Secundarias	33
5.5 PROCEDIMIENTO	34
6. RESULTADOS DEL PROYECTO.	35
7. CONCLUSIONES	41
8. RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.	43
CIBERGRAFÍA	44

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Gráfica del consumo de energía	22
Figura 2. Espesores	28
Figura 3. Dimensiones	29
Figura 4. Vista exterior cuarto de refrigeración	35
Figura 5. Puerta cuarto de refrigeración	36
Figura 6. Uniones entre paredes	37
Figura 7. Piso cuarto de refrigeración	38
Figura 8. Recubrimiento de paredes	39
Figura 9. Cuarto de refrigeración terminado	40

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Tabla Comparativa de coeficientes de conductividad térmica	24
Tabla 2. Propiedades físicas del poliuretano	26

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias en el consumo mundial de alimentos se orientan a la demanda de productos que cumplan cada vez más estrictas normas de sanidad, inocuidad y calidad. Este panorama es producto de un entorno comercial que se torna más exigente y competitivo en razón de la globalización de los mercados y la interdependencia económica.

Desde hace muchos años el producto ha sido enfriado al ser almacenado simplemente en el cuarto frío. Este método es generalmente suficiente para almacenar producto a una temperatura baja que se caracterizan por ser altamente perecederos; nuestro proyecto consiste en construir el sistema de aislamiento térmico para el cuarto de conservación utilizando los materiales adecuados para tal fin.

Ante los grandes avances de tipo técnico y tecnológico en el área de refrigeración, vemos como parte integral para el desarrollo de conocimientos en esta área que la universidad tengan a su alcance una herramienta que contenga conceptos básicos, bien transmitidos, como una herramienta con toda la información técnica y con las normas nacionales e internacionales que las rige para su cumplimiento.



## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las paredes del cuarto de conservación de alimentos se fabricaran en Poliuretano, material que por su baja conductividad térmica es apto para usarse como aislante en la fabricación de cuartos de conservación, seleccionado previamente el material el grupo deberá sugerir basado en conceptos y recomendaciones técnicas un espesor de aislante que disminuya la transferencia de calor en su valor máximo posible para mantener las condiciones de diseño en un valor estable.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En el departamento de electromecánica se observa un área física aprovechable, se identificó un espacio disponible en el cual se puede construir un cuarto de conservación. La idea partió del curso de refrigeración donde se acordó entre varios compañeros y el profesor la idea de construir una cava (atmósfera controlada), distribuyéndonos así por grupos las partes que conforman el proyecto.

Gracias a la colaboración y el trabajo en equipo se logró plantear el proyecto para poder llevar a cabo una investigación escrita acerca de los temas referentes al cuarto de conservación, para luego proceder a la instalación de una pared lateral derecha, una pared lateral izquierda en poliuretano, cumpliendo con un espesor de aislante que disminuya la transferencia de calor en su valor máximo posible para mantener las condiciones de diseño en un valor estable, garantizando la calidad y la eficiencia de la atmósfera controlada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Construcción e instalación de 2 paredes laterales y en poliuretano bajo las normas de construcción de cuartos para conservación de alimentos que proporcione tasas de transferencia de calor bajas del medio exterior al medio interior (cuarto de conservación).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilación de información como normas, parámetros, procesos pertinentes para la construcción e instalación de paredes para cuartos para conservación de alimentos.
- Teniendo en cuenta las condiciones de diseño, temperatura interior deseada, humedad relativa, seleccionar la disposición adecuada de las paredes y su espesor para asegurar las condiciones internas.
- Implementar las normas de fabricación para la instalación y unión de módulos en poliuretano.
- Investigar cómo se realiza una prueba que evidencie la hermeticidad del cuarto e implementar esta prueba.

## 4. REFERENTES TEÓRICOS

### 4.1 REFRIGERACIÓN

La refrigeración se utiliza para almacenar los alimentos a baja temperatura cerca del punto de congelación, pero sin llegar a congelarse. En general, en la refrigeración la temperatura es de alrededor de 0 ° C a 4 ° C. A estas temperaturas, la velocidad de desarrollo de los microorganismos en los alimentos es mucho más lenta. La refrigeración permite la conservación de los alimentos perecederos en un corto o medio plazo.

**4.1.1 La Congelación de Alimentos.** Es una forma de conservación que se basa en la solidificación del agua contenida en éstos. Por ello uno de los factores a tener en cuenta en el proceso de congelación es el contenido de agua del producto. En función de la cantidad de agua se tiene el calor latente de congelación. El calor latente del agua es la cantidad de calor necesario para transformar 1 kg de líquido en hielo, sin cambio de temperatura, en este caso es de 80 kcal/kg. Otros factores son la temperatura inicial y final del producto pues son determinantes en la cantidad de calor que se debe extraer del producto.

**4.1.2 La Conservación de los Alimentos.** Se basa en preservar su comestibilidad, su sabor y sus propiedades nutricionales. Esto implica que se debe inhibir el crecimiento de los microorganismos y retrasar la oxidación de las grasas que provocan la descomposición de los alimentos. Los métodos de preservación de la comida se basan principalmente en una transferencia de energía o de masa que tienen por objeto prolongar la vida útil de los alimentos (pasteurización y esterilización, secado, la deshidratación osmótica, la refrigeración y la congelación) o el transformado por el juego de reacciones bioquímicas o cambio de estado.

### 4.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CUARTO DE REFRIGERACIÓN

El control de la temperatura adecuada de almacenamiento es esencial para mantener la calidad del producto fresco. Mediante la construcción y el mantenimiento de los cuartos fríos los productores, empacadores y expendedores pueden reducir substancialmente el costo total proveniente del uso de este tipo de estructuras.

Muchas frutas y vegetales tienen una vida muy corta después de que han sido cosechadas a la temperatura normal del cultivo. El enfriamiento Postcosecha remueve rápidamente este calor de campo, permitiendo así períodos relativamente amplios de almacenamiento y ayuda a mantener la calidad hasta el consumidor final, brindando al mercado cierta flexibilidad permitiendo el aumento en las ventas del producto en un mayor tiempo.

**4.2.1 Tamaño de la Unidad de Refrigeración.** La capacidad de enfriamiento y la de almacenamiento dependen del tamaño de la estructura y de la capacidad del sistema de refrigeración, así que es básico determinar la cantidad de producto que se desea enfriar y almacenar. Un sistema de refrigeración puede semejarse a una bomba que mueve calor de una parte a otra. La capacidad de enfriamiento es una medida de la velocidad a la que un sistema puede transferir energía calórica y es expresada normalmente en toneladas. Un sistema de refrigeración de una tonelada es, teóricamente, capaz de congelar una tonelada de agua en 24 horas, es decir que puede transferir 288.000 BTU en 24 horas o 12.000 BTU por hora.

El tamaño correcto de una unidad de refrigeración es determinada por tres factores, el primero de los cuales es el volumen de producto a ser enfriado y su empaque, ya que muchos productos son vendidos en cajas o bolsas. Obviamente, a mayor cantidad de producto a enfriar, mayor será la unidad de refrigeración.

El segundo factor es el tiempo mínimo requerido de enfriamiento desde el comienzo al final del mismo, para prevenir la degradación rápida del producto. El enfriamiento rápido debe evitarse, ya que puede ocasionar daños en el fruto y se requerirán equipos de altos costos y consumos de energía eléctrica. Enfriar una carga de producto en dos horas, en vez de hacerlo en cuatro horas, puede requerir dos veces la capacidad de refrigeración y el costo del consumo de energía puede ser tres veces el inicial o más.

El tercer factor es la naturaleza del diseño constructivo de la unidad de refrigeración, es decir su tamaño, el sistema de manejo del aire y su operación.

**4.2.2 Capacidad de Almacenamiento.** La decisión de enfriar inmediatamente o almacenarlo por un tiempo, muchas veces no depende sólo del tipo de producto y de sus condiciones de mercadeo, también depende del aprovechamiento del espacio en la instalación, los cuales serán determinados por el tipo de producto y su desarrollo. Obviamente, productos altamente perecederos requieren menor ubicación espacial de almacenamiento que frutos menos perecederos, simplemente porque los primeros no pueden ser almacenados por largos períodos de tiempo sin ocasionar pérdidas en su calidad.

Se aconseja construir un espacio de almacenamiento suficiente para mínimo un día de producción de los productos más perecederos. Es mucho más fácil construir inicialmente un espacio de almacenamiento adecuado, que tratar de adicionarlo luego. El costo por metro cuadrado disminuye y la eficiencia del consumo de energía aumenta con el tamaño del cuarto frío.

De otro lado, un exceso en el dimensionamiento del espacio de almacenamiento ocasionará gastos innecesarios de energía y de dinero. Para determinar la cantidad de espacio refrigerado a construir, se usa la siguiente fórmula: El valor numérico de V, se divide por la altura del techo (en pies), para obtener el área a enfriar en pies cuadrados. Debemos recordar que el techo debe tener mínimo 18 pulgadas más, que la altura de apilamiento de los productos que se van a enfriar.

**Dónde:**

**V=** Volumen de espacio a refrigerar. [ft<sup>3</sup>]

**C=** Número máximo de bushels\* a ser enfriado en un tiempo.

**S=** Número máximo de bushels a ser almacenado en un tiempo.

\*Bushel: Medida de cereales y frutas. Equivale a 36.36 litros en Gran Bretaña y a 35.24 litros en Estados Unidos.

### **4.3 EFECTOS DE LA HUMEDAD**

En muchos tipos de aislantes, el flujo de energía calórica es impedido por pequeñas celdas que hacen la función de trampas de aire en todo el material. Cuando este absorbe humedad, el aire es reemplazado por agua y el valor de aislamiento disminuye. Es por esta razón que el aislante debe ser almacenado en lugares secos. Con excepción de muchas espumas plásticas, que son a prueba de agua, todos los materiales aislantes deben ser usados junto con una adecuada barrera contra el vapor. Generalmente se instalan películas de 4 milímetros de polietileno en el lado interior del aislante (por fuera), contrario a lo que se recomienda en los códigos para construcciones de casas. Esta práctica previene la condensación en el aislante. Esta película puede ser continua desde el piso al techo y donde existan uniones de 2 películas debe realizarse un recubrimiento de 12 pulgadas, con lo cual, aseguramos un sellamiento total.

#### 4.4 PUERTAS Y OTROS DISPOSITIVOS

Las puertas son la parte más crítica de un cuarto frío. Puertas mal construidas o en mal estado ocasionan grandes pérdidas de energía. Estas deben tener mucho más material aislante que las paredes y deben poseer bandas plásticas para reducir la posible filtración de aire caliente a la estructura. Los seguros de las puertas deben proveer buen sellamiento, el cual puede ser chequeado insertando una delgada tira de papel (entre la puerta y el área sellada) y cerrando la puerta. El sello es aceptable solo si se siente una resistencia fuerte al tratar de retirar esa tira.

Todas las puertas grandes presentan una tendencia a ceder debido a su propio peso y al momento ocasionado por el brazo en el que son soportadas; es por esto que deben usarse soportes y uniones de una excelente calidad. Además, es importante que estas puertas puedan abrirse desde el interior del cuarto. Al ubicar cortinas de tiras plásticas se logra una disminución en las pérdidas de energía cuando las puertas se mantienen abiertas durante largos períodos de tiempo. Este tipo de cortinas ofrecen una gran cantidad de espacio libre para la entrada y salida de los trabajadores, el producto y los montacargas, pero favorecen la mezcla entre el aire interior y el exterior, haciendo menos eficiente el proceso, debido a una substancial pérdida de la carga de energía.

#### 4.5 CÁLCULO DE LA CARGA DE CALOR

La temperatura óptima de almacenamiento debe ser continuamente mantenida para obtener todos los beneficios que brinda el cuarto frío. Para asegurar que el cuarto está a la temperatura indicada, debe calcularse la capacidad de refrigeración requerida, usando las condiciones más críticas que puedan ocurrir durante esta operación. Estas condiciones incluyen el valor máximo en la temperatura exterior, la máxima carga de producto a enfriar por día y la máxima temperatura del producto al ser enfriado. La carga total de calor que el sistema puede remover en el cuarto frío se denomina carga de calor. Las entradas de calor provienen de los siguientes campos:

- **Calor de conducción:** Calor que entra por las paredes techo y piso aislados.
- **Calor de campo:** Calor extraído del producto para ser llevado a la temperatura de almacenamiento.

- **Calor de respiración:** Calor generado por el producto, que es el resultado de las reacciones naturales del mismo.
- **Carga de servicio:** También llamada carga mixta; es el calor producido por las luces, el equipo, los trabajadores y por el aire caliente y húmedo que entra cuando se realiza la apertura de puertas.

**4.5.1 Calor de Conducción.** Es el calor debido a todas las paredes, el techo y el piso. La cantidad de calor que transmiten estas superficies es función de su resistencia térmica (Valor de R), de su área y de la diferencia de temperatura entre un lado y el otro. El calor de conducción (HC), teniendo en cuenta las siguientes variables:

**Ap:** Área de las paredes [ft<sup>2</sup>]

**DT:** Diferencia de temperaturas [°F]

**R:** Valor de resistencia térmica [ft<sup>2</sup> °F/Btu].

Debido a que el techo en algunas ocasiones está expuesto directamente a la luz solar y por lo tanto presenta mayores temperaturas, debe instalarse mayor aislante en él y la diferencia de temperatura en el cálculo se incrementa, generalmente unos 10°F. Si es posible la instalación de un ventilador de techo, se reducirá considerablemente esta diferencia, pero el costo del mismo, así como la energía necesaria para su operación deben ser evaluadas contra la disminución del calor del techo. Similarmente el calor debido al piso, es calculado también con esta ecuación y la carga total de calor debido a las paredes, el techo y el piso es la suma de estos tres valores calculados.

**4.5.2 Calor de Campo.** Es el calor producido por el producto que entra con cierta temperatura a la instalación de enfriamiento. Este tipo de energía es denominada calor de campo. Esta cantidad es calculada usualmente para el valor de la temperatura media mensual máxima. El calor de campo (FH), es producto del calor específico (SH), del cultivo (de la cantidad de energía que este puede guardar por grado), la diferencia de temperatura entre campo y almacenamiento (DT) y el peso (W) del producto.

El calor específico del agua es 1 Btu/°F, y ya que las frutas y vegetales presentan unos contenidos de agua altos, su calor específico individual es directamente relacionado con esta característica.

**4.5.3 Calor de Respiración.** Es el producido por la respiración de la cosecha misma. Debemos recordar que los productos hortofrutícolas son seres vivos y una



vez cortados, ellos continúan sus procesos respiratorios. La cantidad de calor producido depende de la temperatura, la cosecha, y las condiciones y tratamiento o labores culturales que la cosecha ha recibido.

**4.5.4 Carga Miscelánea.** Esta fuente de calor comprende lo que se conoce con el nombre de “cargas por servicios” o cargas misceláneas. Incluye el calor generado por equipos como luces, ventiladores, por la gente que trabaja en la sala de almacenamiento, junto con el calor debido al aire cálido que entra en el cuarto cuando la puerta se abre y el calor que entra por la infiltración de aire debido a sellos defectuosos en las puertas y otras rupturas. La cantidad de calor aportada por estas fuentes es muy difícil de estimar precisamente. El servicio de carga se reparte igualmente y puede ser estimada como un 10 por ciento del calor de las otras tres fuentes (calor de conducción, calor de campo y calor de respiración).

## **4.6 OTROS FACTORES A TENER EN CUENTA**

**4.6.1 Limpieza y Mantenimiento.** Es esencial que los recipientes de manejo y los cuartos de almacenamiento estén limpios y libres de microorganismos. Todas las acumulaciones del agua de condensación deben evacuarse de la estructura. Debe limpiarse completamente todos los cuartos de almacenamiento antes de llenarlos. Si los recipientes de carga se mantienen dentro del cuarto, debe desinfectarse las superficies con una solución de hipoclorito de sodio al 0.25 por ciento (puede usarse 1 galón de cloro en 20 galones de agua) aplicados con una lavadora de alta presión y debe ventilarse el cuarto durante algunos días, para que se seque. La tubería de refrigeración, los ventiladores y los conductos deberán ser revisados y limpiados regularmente. Las espirales de refrigeración sucias pueden disminuir considerablemente su eficiencia térmica.

**4.6.2 Controles de Temperatura.** La temperatura más importante a controlar en una instalación de enfriamiento, es la del producto, no la del aire. Medir la temperatura del aire no nos brindará valores correctos de la temperatura de producto, porque el calor de respiración siempre eleva la temperatura del producto y del aire circundante. Debe evitarse ubicar este tipo de elementos sobre el techo o en las paredes exteriores. La temperatura de producto y la humedad debe controlarse frecuentemente durante el enfriamiento y almacenaje para impedir el sobre enfriamiento y daño por frío del producto. También debe tenerse en cuenta que, mantener la humedad y temperatura apropiada llega a ser muy importante, a medida que el almacenamiento aumenta.

**4.6.3 Ubicación Adecuada de los Ventiladores.** El movimiento de aire en el interior del cuarto frío, ayuda conducir el calor lejos del producto. Los recipientes deben diseñarse y acomodarse para permitir la suficiente circulación de aire, mejorando el valor del enfriamiento y almacenando el producto a la temperatura óptima. Pueden ubicarse unos ventiladores en el interior del cuarto frío, buscando facilitar la circulación del aire, ya que ese es el requerimiento de la mayoría de los productos.

## **4.7 AISLAMIENTO**

La energía térmica siempre fluye desde los objetos cálidos a los fríos. Todos los materiales, hasta los buenos conductores como los metales, ofrecen alguna resistencia al paso de energía y muchos materiales pueden ser empleados como aislantes con buenos efectos, que sean eficientes para esta labor. Las características de estos materiales varían considerablemente y su eficiencia para la conducción debe ser más importante en la elección que su precio. Algunas características importantes a mencionar son el valor de resistencia **R**, su costo y su comportamiento en presencia de humedad.

**4.7.1 Valor R.** Una medida de la resistencia que el aislante ofrece al movimiento de calor se denomina factor de resistencia o valor R, el cual está asociado con su ancho.

Cuanto mayor sea este valor, mayor será la resistencia y mejor serán las propiedades de este material como aislante. El valor R generalmente se expresa en pulgadas de ancho o en términos del ancho total del material. La resistencia total al flujo de calor en cualquier pared con aislantes, es simplemente, la suma de las resistencias totales de los componentes individuales, es decir la suma de las resistencias de los aislantes, de los pegantes, de las paredes e inclusive, es importante considerar la resistencia de las capas de pintura.

## Valor de R.

### CUBIERTAS RÍGIDAS

Fibra de vidrio	3.50
-----------------	------

### AISLANTES DE CAPA DELGADA

Celulosa	3.50
Fibra de vidrio o mineral	2.50-3.00
Vermiculita	2.20
Madera con pegantes	2.22

### AISLANTES RÍGIDOS

Poliestireno	5.00
Tableros flexibles	4.55
Pequeñas piezas moldeadas	3.57
Poliuretano	6.25
Fibra de vidrio	4.00
Polisociruanuato	8.00

### AISLANTES INYECTADOS O ESPUMAS

Formaldehído	4.20-5.50
--------------	-----------

### MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Concreto sólido	0.08
Bloques de concreto (8")	1.11
Bloques de ligeros concreto (8")	2.00
Bloques de concreto con partes de Vermiculita	5.03
Tableros de madera (3/8")	1.25
Tableros de madera (1/2")	1.25

**Nota:** el ancho característico de estos materiales es 1" (una pulgada).

De los materiales comúnmente utilizados en cuartos fríos, la celulosa es la de menor costo, seguida de las cubiertas rígidas, según la forma de instalación de este material y finalmente, los materiales de rociado o aislantes líquidos. Estos últimos presentan la ventaja de sellar completamente la estructura a cualquier posible filtración de agua o entradas y/o salidas de aire.

**4.7.2 Costo.** Los costos de los aislantes varían según el tipo. En Estados Unidos, por ejemplo, actualmente se especifican costos en pies por pulgada de ancho o en costo por unidad térmica de resistencia (R). Además reducen ligeramente los costos, ya que se reducen las labores constructivas y los costos de otros materiales, porque no se requieren adiciones en las partes internas de los paneles de las paredes. Debe tenerse en cuenta que ciertos tipos de espumas aislantes pueden presentar alto riesgo de incendios, por lo cual deben ser manejadas con mucho cuidado.

## **4.8 POLIURETANO**

El poliuretano es un polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con disocianatos, de los cuales 2 son líquidos, polioli e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano.

Los poliuretanos se clasifican en dos grupos diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. Poliuretanos termoestables o poliuretanos termoplásticos.

**4.8.1 Los Poliuretanos Termoestables.** Los más habituales son espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas resilientes.

**4.8.2 Los Poliuretanos Termoplásticos.** Son elastómeros, que no requieren de vulcanización para su procesos se caracteriza por su elasticidad, su alta resistencia a la abrasión, al desgaste, al desgarre, al oxígeno, al ozono y a la conservación de propiedades mecánicas (elasticidad) a temperaturas muy bajas. Entre los poliuretanos termoplásticos más habituales destacan los empleados en elastómeros, adhesivos selladores de alto rendimiento, suelas de calzado, pinturas, fibras textiles, sellantes, embalajes, juntas, preservativos, componentes de automóvil, en la industria de la construcción, del mueble y múltiples aplicaciones más.

Algunas aplicaciones de poliuretanos flexibles se encuentran en la industria de paquetería, en la que se usan poliuretanos anti-impacto para embalajes de piezas delicadas. Su principal característica es que son de celdas abiertas y de baja densidad (12-15 kg/m<sup>3</sup>).

También existen los poliuretanos rígidos de densidad 30-50 kg/m<sup>3</sup>, utilizados como aislantes térmicos; Una variedad de los poliuretanos rígidos son los poliuretanos PIR, que gracias a su mejor comportamiento frente al fuego son usados en revestimientos de cañerías que conducen fluidos a alta temperatura en zonas

extremadamente húmedas. Su principal característica es la naturaleza ureica del polímero.

Otra variedad de los poliuretanos rígidos son los poliuretanos spray, que son formulaciones de alta velocidad de reacción, usados en revestimientos sujetos a la fuerza de gravedad, tales como aislamientos de edificios, estanques de almacenamiento, e incluso tubos o cañerías.

Otra variedad dentro los "poliuretanos rígidos" son los empleados para la realización de piezas de imitación madera, con densidades que oscilan entre los 100-250 kg/m<sup>3</sup>. También existen formulaciones con mayor densidad (hasta los 800 kg/m<sup>3</sup>) comúnmente denominadas Durómetros para la realización de piezas estructurales tales como carcazas de maquinas industriales, accesorios para automotores.

**4.8.3 Uso de Poliuretano en Neveras.** Los poliuretanos ofrecen propiedades aislantes excelentes y además cualidades estéticas asombrosas. Esto se debe a que el mismo material, el poliuretano, puede utilizarse como componente aislante y también estructural. La única diferencia reside en la densidad del material. Los poliuretanos utilizados en las puertas de las neveras permiten a los fabricantes producir tanto aislantes como componentes estructurales con una superficie sólida sin huecos internos. Los poliuretanos son especialmente valiosos desde el punto de vista del diseño debido a que con la aplicación de un recubrimiento superficial el acabado es impecable. No es necesario efectuar ningún tratamiento posterior.

Los poliuretanos son ideales para su uso en dispositivos de refrigeración debido a que:

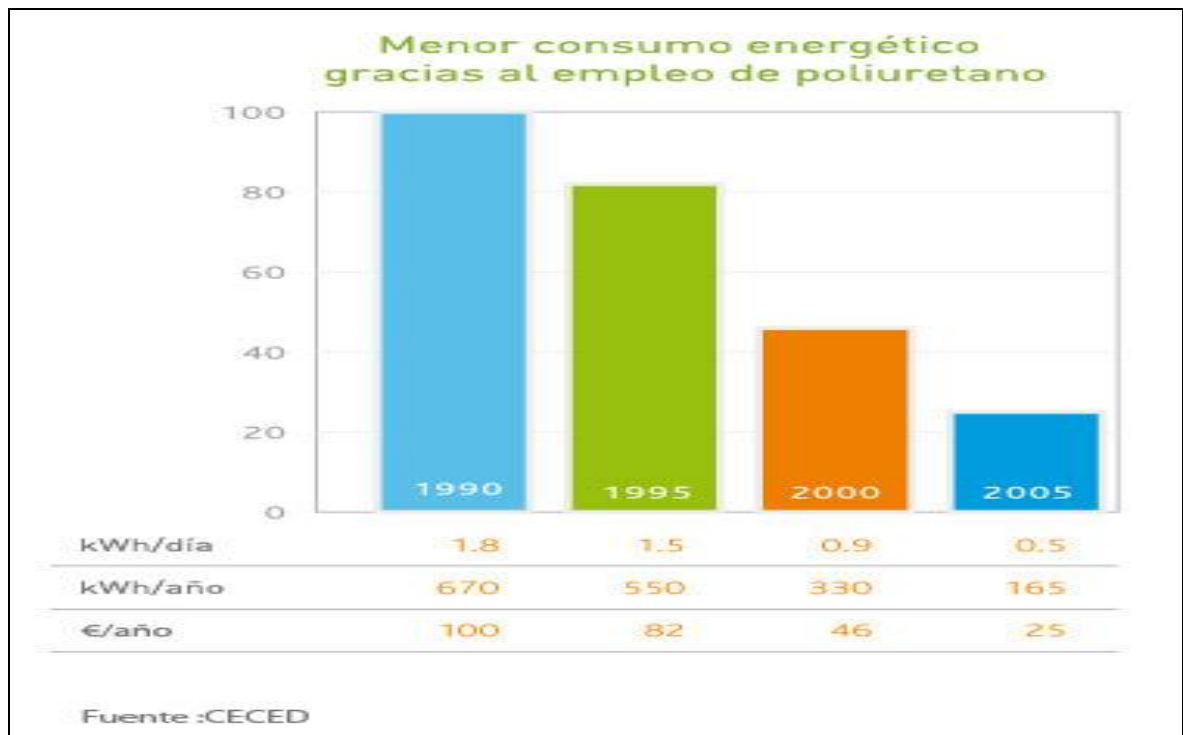
- Son aislantes excelentes.
- Poseen una elevada resistencia estructural gracias a la rigidez de la espuma y la adhesión de revestimientos externos (plástico y metal).
- Son la solución industrial más rentable pues aún van varios procesos en uno.
- Son eficaces en espacios reducidos y permiten almacenar una mayor cantidad de alimentos.
- Son seguros.
- Son robustos y resistentes.
- Son muy ligeros y contribuyen a la reducción de los costes de transporte.

- Son asequibles y contribuyen a mantener un precio reducido en neveras y congeladores.

Todas estas características permiten el cumplimiento de la normativa en materia de energía, cada vez más rigurosa, y benefician al consumidor al reducir la cantidad de energía utilizada y en consecuencia su factura energética.

Incluso con el empleo de pequeñas cantidades de material, la baja conductividad térmica de los poliuretanos brinda un aislamiento excelente y permite al consumidor aprovechar mejor el espacio. Además, las espumas rígidas de poliuretano poseen una vida útil larga. Las neveras pueden llegar a suponer el 30% del total de la factura eléctrica de los hogares por lo que la eficiencia energética en este caso marca una diferencia notable. Gracias a la introducción de poliuretanos en las neveras, los modelos marcados con el símbolo A++ son hoy en día un 60% más eficientes que los frigoríficos de hace 15 años. La gráfica mostrada a continuación ilustra cuánta energía han ahorrado los hogares europeos gracias al empleo de poliuretanos:

**Figura 1.** Gráfica del consumo de energía.



Fuente: Tomado de CECED European Committee of Domestic Equipment Manufacturers

Según la Directiva comunitaria 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) los electrodomésticos como las neveras y los congeladores están sujetos a objetivos de valorización y reciclaje en toda Europa. La espuma de los electrodomésticos puede extraerse y bien reciclarse o utilizarse como combustible, en función de las infraestructuras nacionales, y así colaborar en la conservación de los recursos naturales.

Los poliuretanos desempeñan una función crucial en el transporte y la conservación de los alimentos, garantizando que llegan a la mesa en condiciones adecuadas para su consumo. Más información sobre el empleo de poliuretanos en la cadena de frío alimentaria.

**4.8.4 Espumas Como Aislantes Térmicos.** La espuma rígida de poliuretano aislante contribuye en gran medida a la sostenibilidad y el diseño ecológico gracias a que reduce la cantidad de energía necesaria para mantener el frío en neveras y congeladores.

La espuma rígida de poliuretano es el material aislante de neveras y congeladores más extendido en todo el mundo. La eficiencia aislante de las espumas de poliuretano es una propiedad clave para la conservación en frío de alimentos durante su procesado, almacenamiento y reparto a los puntos de venta. Sin aislantes de poliuretano en los sistemas de refrigeración, cerca del 50% de los alimentos mundiales se echarían a perder, lo que afectaría en gran medida las costumbres y a la industria alimentaria.

Una espuma de poliuretano tiene un coeficiente de transferencia térmica de aproximadamente 0,0183 unidades BTU de transferencia de calor. La capacidad de aislamiento térmico del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero. Los poliuretanos rígidos se usan en la industria de la refrigeración, aislamiento, muebles, etc.

**Tabla 1.** Tabla Comparativa de coeficientes de conductividad térmica.

Material	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m·K)
Chapa de Aluminio	2.700	2,04
Hormigón	2.400	1,63
Vidrio plano	2.500	0,81
Ladrillo macizo	1.600	0,81
Tejas (plana)	1.800	0,76
Yeso (placas)	1.000	0,44
Hormigón liviano	1.000	0,36
Nieve compactada	300	0,23
Madera (pino)	700	0,17
Lana de vidrio	11	0,041
Lana de vidrio	15	0,038
Lana de vidrio	35	0,038
Lana de vidrio	50	0,032
Lana de vidrio	70	0,031
Lana de vidrio	100	0,032
Poliuretano rígido	35	0,020
Poliuretano proyectado	30	0,024

Fuente: ARQUIMASTER

**4.8.5 Proceso de Obtención.** La espuma rígida de poliuretano se obtiene cuando dos productos químicos un isocianato y un poliol se mezclan en presencia de catalizadores y activadores adecuados.

En la aplicación de la espuma rígida por proyección la mezcla tiene lugar en una reducida cámara en la pistola proyectora. Desde cada uno de los tambores de los componentes, estos son impulsados por medio de bombas dosificadoras hasta la cámara de mezcla de la pistola. Una vez mezclados los componentes, el calor liberado durante la reacción se emplea para vaporizar el agente de expansión, que es el causante de la transformación de la mezcla en espuma con un volumen aproximado de 25 veces el volumen de los componentes en estado líquido. La densidad normal de la espuma está generalmente comprendida entre los 38 y 40 Kg/m<sup>3</sup> y en virtud de la baja conductividad térmica del gas ocluido en las celdas de la espuma, proporciona un excelente grado de aislamiento térmico.



**4.8.6 Propiedades Principales.** Posee un coeficiente de transmisión de calor muy bajo, mejor que el de los aislantes tradicionales, lo cual permite usar espesores mucho menores en aislaciones equivalentes.

Mediante equipos apropiados se realiza su aplicación "in situ" lo cual permite una rápida ejecución de la obra consiguiéndose una capa de aislación continua, sin juntas ni puentes térmicos.

Su duración, debidamente protegida, es indefinida.

Tiene una excelente adherencia a los materiales normalmente usados en la construcción sin necesidad de adherentes de ninguna especie.

Tiene una alta resistencia a la absorción de agua.

Refuerza y protege a la superficie aislada.

Dificulta el crecimiento de hongos y bacterias.

Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, agua dulce y salada, hidrocarburos, etc.

#### 4.8.7 Propiedades Físicas

Tabla 2. Propiedades físicas del poliuretano.

<i>Propiedades</i>	<i>ASTM</i>	<i>Unidades</i>	<i>Clase B-1</i>	<i>Clase B-2</i>	<i>Clase C</i>
Densidad	D-1622	Kg./m <sup>3</sup>	32	40	48
Resistencia Compresión	D-1621	Kg./cm <sup>2</sup>	1.7	3.0	3.5
Módulo compresión	D-1621	Kg./cm <sup>2</sup>	50	65	100
Resistencia a la Tracción	D-1623	Kg./cm <sup>2</sup>	2.5	4.5	6
Resistencia al Cizallamiento	C-273	Kg./cm <sup>2</sup>	1.5	2.5	3
Coefficiente de Conductividad	C-177	Kcal/m.h°C	0.015	0.017	0.02
Celdas cerradas	D-1940	%	90/95	90/95	90/95
Absorción de agua	D-2842	g/m <sup>2</sup>	520	490	450

Fuente: Tomado de Poliuretano espreado AECSA

**4.8.8 Propiedades Mecánicas.** Las propiedades mecánicas dependen de la medida de su peso volumétrico; a medida que este aumenta, aumenta su propiedad de resistencia. Los pesos volumétricos más usuales se hallan comprendidos entre 30 y 100 kg/m<sup>3</sup>, dentro de estos límites se obtienen los siguientes valores:

- Resistencia a la tracción entre 3 y 10 (Kp. /cm<sup>2</sup>)
- Resistencia a la compresión entre 1,5 y 9 (Kp. /cm<sup>2</sup>)
- Resistencia al cizallamiento entre 1 y 5 (Kp. /cm<sup>2</sup>)
- Módulo de elasticidad entre 40 y 200 (Kp. /cm<sup>2</sup>)

**4.8.9 Resistencia a los Productos Químicos.** El poliuretano es resistente al agua potable, al agua de lluvia y al agua de mar, las soluciones alcalinas diluidas,

los ácidos diluidos, los hidrocarburos alifáticos como por ejemplo la gasolina normal, el carburante diesel, el propano, el aceite mineral, así como los gases de escape y el aire industrial (SO<sub>2</sub>). Es condicionalmente resistente (hinchamiento o encogimiento) a los siguientes productos: los hidrocarburos clorados, las acetonas y los éteres, no es resistente a los ácidos concentrados.

**4.8.10 Poder Adhesivo.** Una propiedad particularmente interesante del poliuretano aplicado "in situ" para el empleo como material de construcción es su adhesión a diferentes materiales. Durante la fabricación la mezcla espumable experimenta su estado intermedio pegajoso y en virtud de la fuerza adhesiva propia, automática y excelentemente se adhiere al papel, al cartón y al cartón asfaltado para techos, así como a las maderas, a las planchas de fibras duras y de virutas prensadas, a la piedra, al hormigón, al fibrocemento, a las superficies metálicas y a un gran aumento de materias plásticas.

**4.8.11 Inconvenientes.** El inconveniente principal que tienen las espumas de poliuretano, es que son degradadas por los rayos ultravioletas, por lo cual no pueden quedar expuestas a la radiación solar, debiendo ser protegidas de los mismos en el caso de aplicaciones exteriores.

Para nuestro país habría un segundo inconveniente y es que para que se produzca una buena reacción es necesario que el sustrato a aplicar tenga una temperatura mínima de 10°C, lo que en nuestros inviernos a veces no es posible.

#### **4.8.12 Principales Proveedores de Poliuretano.**

- **BAYER:** Con una planta de mezclado en Brasil para abastecer el mercado Latino Americano.
- **Liverpool Chemicals E.I.R.L:** Representante exclusivo en el Perú de ICI Polyurethanes, subsidiaria de Imperial Chemical Industries PLC, Inglaterra.
- **IPI International:** En reciente entrevista con el Vice presidente Steven A. Wernicke, manifestó que su compañía estaba interesada en ingresar al mercado Latino Americano, pero muy especialmente en Perú, debido a que en el año de 1994 en el Perú se había consumido 1000 tn de Poliuretano, y en 1995 más de 1200 tn, y en 1997 se comenzó a utilizar en el sector de construcción a través de la Empresa PRECOR S.A., por esta razón se estaba haciendo un estudio del mercado por todo Latino América, además agrego que

para el caso del Perú, existen muchas posibilidades de incrementar los niveles de consumo de Poliuretano.

#### 4.9 ESPESOR DEL AISLAMIENTO

El espesor del aislamiento se requiere en un caso determinado, puede calcularse exactamente basándose en la temperatura de operación, la temperatura promedio de la localidad y la pérdida de frío a través de muros y techos que se considera en la selección del equipo de refrigeración.

Generalmente, en la práctica no se calcula el espesor aislante sino que se selecciona de tablas preparadas en función de las temperaturas de operación.

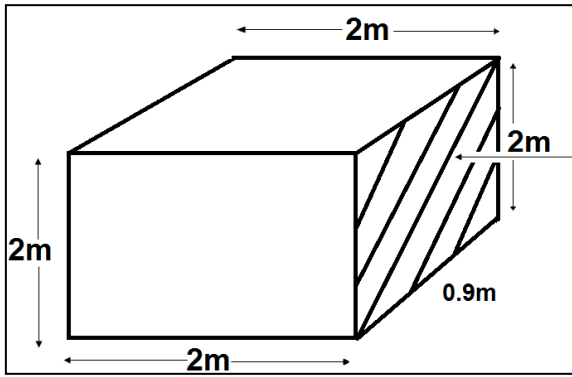
**Figura 2.** Espesores.

Temperatura de operación °C	ESPESORES										
	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"
15	■										
10	■										
5		■									
0			■								
-5				■							
-10					■						
-15						■					
-20							■				
-25								■			
-30									■		

Fuente: Espesor del Aislamiento cuartos fríos de FANOSA

## 4.10 CÁLCULOS CUARTO DE REFRIGERACIÓN

Figura 3. Dimensiones.



- \*2 lámparas encendidas durante 6 horas/día
- \*3 personas durante 4 horas al día
- \*1 motor ventilador de 1/2 hp, 24 horas al día
- HR humedad relativa = 60%
- T espesor = 3"

Temperatura ambiente = 23°C

$$^{\circ}\text{C} \rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{Temperatura ambiente} = \frac{9}{5}(23^{\circ}\text{C}) + 32 = 73.4^{\circ}\text{F}$$

Temperatura diseño = 5°C

$$^{\circ}\text{C} \rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$\text{Temperatura diseño} = \frac{9}{5} (5^{\circ}\text{C}) + 32 = 41^{\circ}\text{F}$$

Conversión de unidades de metro (m) a pi (ft)

$$2\text{m} * \frac{1\text{ft}}{0.3048\text{m}} = 6.56\text{ft}$$

$$0.9\text{m} * \frac{1\text{ft}}{0.3048\text{m}} = 2.95\text{ft}$$

Carga térmica por conducción

$$Q = \frac{KA\Delta T}{T}$$

K = conducción térmica

A = área perpendicular al flujo de calor

$\Delta T$  = temperatura ambiente - temperatura de diseño

T = espesor de paredes

### **TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVÉS DE PAREDES AISLADAS**

$$Q=1.28 \cdot A \cdot \Delta T \text{ en 24 horas}$$

K=factor de aislamiento (para t=3"; K=1.28)

A=área perpendicular al flujo de calor

$\Delta T$ = temperatura ambiente – temperatura diseño

### **PAREDES LATERALES**

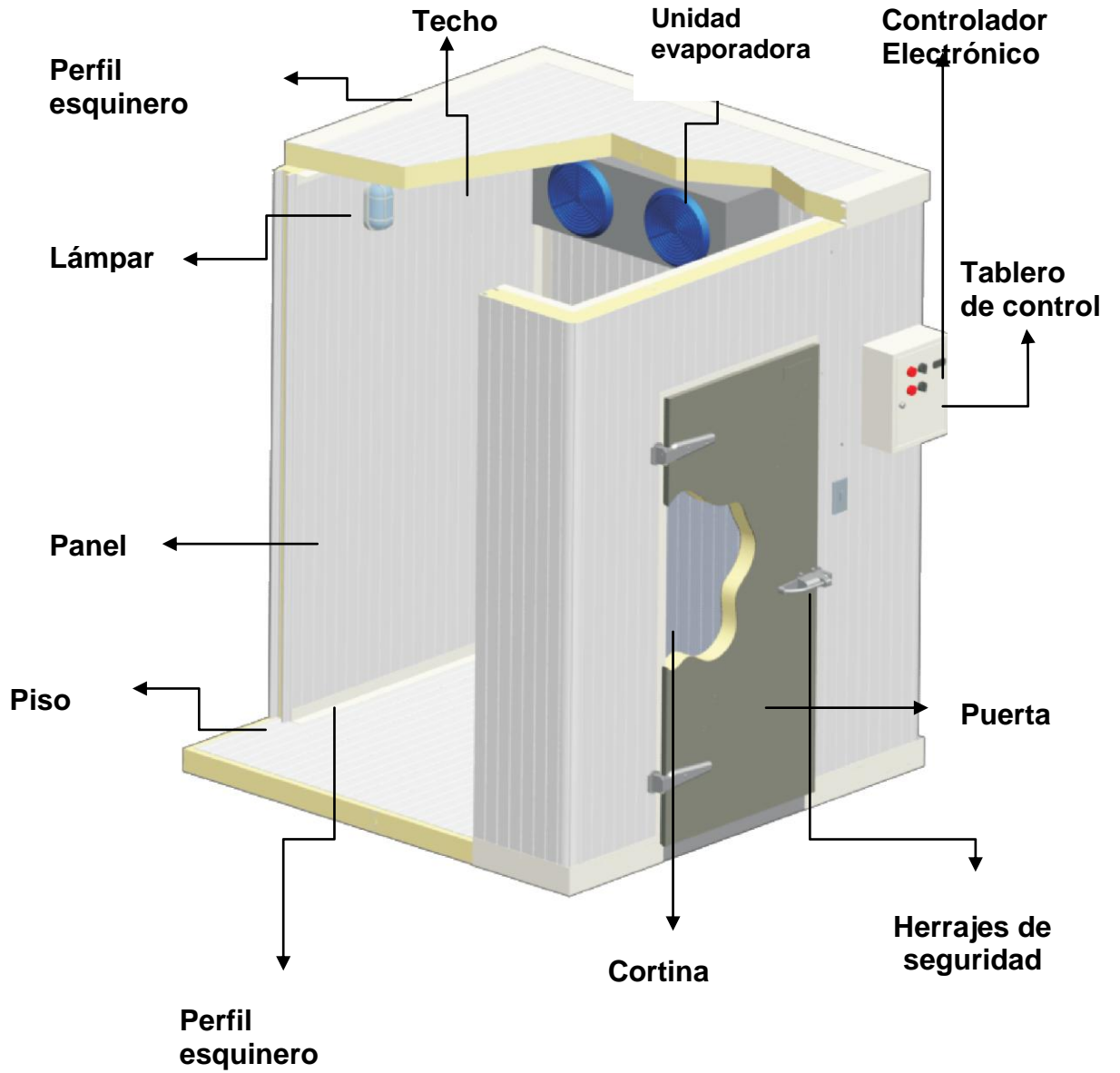
$$Q=1.28 \left( \frac{BTU}{\cancel{ft} \cdot \cancel{ft} \cdot t^2} \right) \cdot (6.5ft \cdot 2.95ft) \cdot (73.4^\circ f - 41^\circ f) \text{ en 24 horas}$$

$$Q=1.28 \left( \frac{BTU}{\cancel{ft} \cdot \cancel{ft} \cdot t^2} \right) \cdot (19.35\cancel{ft}^2) \cdot 32.4\cancel{f}$$

$$Q=802.4BBTU \text{ en 24 horas}$$

#### 4.11. ESQUEMA GENERAL DE UN CUARTO FRÍO

Figura 4. Esquema general de un cuarto frío



Fuente: Tomado de <http://www.slideshare.net/videodiesel/esquema-cuarto-frio>

#### 4.11.1. COMPONENTES DE UN CUARTO FRÍO.

- **Unidad condensadora.**
- **Unidad evaporadora.**
- **Perfil esquinero exterior.**
- **Perfil esquinero interior**
- **Lámpara.**
- **Techo.**
- **Piso.**
- **Puerta.**
- **Panel:** los paneles son fabricados con lámina galvanizada de acabado embozado y recubrimiento con pintura de poliéster cerámico. El aislamiento de espuma de poliuretano es inyectado en proceso continuo alcanzando una densidad de 39 a 40 Kg/m<sup>3</sup> y 90% de celdas cerradas.
- **Sistema de ensamble:** todas las juntas son selladas a prueba de agua con silicona fungicida.
- **Cortina:** cortina plástica para reducir entradas de aire caliente.
- **Herrajes de seguridad:** cromados, con dispositivo para abrir desde el interior
- **Tablero de control:** comprende: gabinete metálico, contactores, control electrónico, regleta de potencia, luces indicadores, suiches selectores y breakers de seguridad.
- **Controlador electrónico.**



## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE PROYECTO**

Este proyecto está basado en el diseño y montaje de las paredes para un cuarto de refrigeración, en una cava frigorífica la cual se logrará siguiendo un orden lógico secuencial.

Como primer objetivo es necesario reunirse para el diseño de los planos de las paredes y definir el material para aislar estas.

Luego de diseñar e instalar las paredes se verificará su sellamiento. Por último se harán las pruebas necesarias y su respectiva corrección para poner a punto la cava.

### **5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**5.2.1 Aplicada.** Se utilizarán una rama de la tecnología electromecánica, aplicada al ramo de la refrigeración.

### **5.3 INDUCTIVO**

La finalidad de este proyecto es solucionar un problema que se ha venido presentando en el aprendizaje de la refrigeración en la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.

### **5.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

**5.4.1 Fuentes Primarias.** Observación directa: Explicación del problema por parte del profesorado de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.

**5.4.2 Fuentes Secundarias.** Libros, Revistas técnicas, Tesis, catálogos e Internet.

## **5.5 PROCEDIMIENTO**

Primero fue necesario hablar con el profesorado que dicta la materia de refrigeración en el INSTITUTO TECNÓLOGICO PASCUAL BRAVO, el cual nos explicó a fondo el problema a resolver.

Luego se programó una visita a la empresa “REFRIAGIL”, en la cual nos entrevistamos con los ingenieros, los cuales nos explicaron el proceso a llevar para el diseño y la fabricación del cuarto según nuestras necesidades.

También nos entrevistamos con los tecnólogos de la empresa “REFRIAGIL” los cuales nos enseñaron los componentes y sus beneficios en un sistema de refrigeración.

## 6. RESULTADOS DEL PROYECTO

A continuación se presentaran las fotografías reales del cuarto de refrigeración construido en las instalaciones de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

**Figura 5.** Vista exterior cuarto de refrigeración.



Fuente: Imagen tomada en el cuarto de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

**Figura 6.** Puerta cuarto de refrigeración.



Fuente: Imagen tomada en el cuarto de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

**Figura 7.** Uniones entre paredes.



Fuente: Imagen tomada en el cuarto de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

**Figura 8.** Piso cuarto de refrigeración.



Fuente: Imagen tomada en el cuarto de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

**Figura 9.** Recubrimiento de paredes.



Fuente: Imagen tomada en el cuarto de refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.



**Figura 10.** Cuarto de refrigeración terminado.



Fuente: Imagen tomada del cuarto de refrigeración de Refritécnica Ltda.



## 7. CONCLUSIONES

Para el diseño de las paredes del cuarto de conservación de alimentos del Instituto Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria, hemos decidido que sean en poliuretano; ya que este material es el más óptimo debido a su conductividad térmica y permite disminuir la transferencia de calor al interior del cuarto de refrigeración.

Es importante tener un control de temperatura adecuado para el almacenamiento y conservación de productos frescos, por lo que es muy necesario tener un aislante térmico idóneo que nos garantice evitar una alteración de la temperatura en el interior de los cuartos fríos.

El poliuretano también nos permite sellar completamente la estructura a cualquier posible filtración de agua o entradas y/o salidas de aire en el cuarto frío.

Para elegir el material aislante en el interior de un cuarto frío es muy importante tener en cuenta factores como: duración, adherencia, alta resistencia a la absorción del agua, protección a la superficie aislada, prevención de hongos y bacterias.

## 8. RECOMENDACIONES

Algunos materiales baratos, que reducen los costos de construcción, no suministran el adecuado aislamiento incrementando los costos de operación por mayor consumo de energía

Para mejores resultados, debe considerarse la forma como recircula el aire frío que se produce cerca al evaporador, acomodando los empaques de manera que todas las partes del producto entren en contacto directo con este aire recirculado. La ventaja principal de este método es el bajo costo, pues no se requiere de equipo adicional para realizar la operación de preenfriamiento; además porque el producto al ser guardado en la misma cámara, tiene menos manipulación.

Debe asegurarse un buen drenaje en la estructura, puede construirse con unos drenes interiores para evacuar adecuadamente el agua con que se limpia la instalación y de el agua producida por la condensación.

Se debe considerar que el piso debe soportar grandes cargas y resistir el uso pesado en un ambiente húmedo, por esto dependen en buena medida del uso de aislantes de calidad. Los bloques de cimentación deben ser de al menos 4 pulgadas de concreto reforzado con malla de alambre y con aislante de 2 pulgadas de espuma plástica a prueba de agua en la superficie.

## BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE (1983). "ASHRAE Handbook – 1981 fundamentals". Atlanta, GA: American society of heating, refrigeration and air conditioning Engineers.

LANGLEY, Chris. Refrigeración. Principios, Prácticas y Funcionamiento. Editorial Paraninfo, 2008.

LIJO, Franco. Manual de Refrigeración. Editorial Reverte. Barcelona: 2006.

PUERTO CASTELLANOS, Efraín Alonso. Guía Técnica para el Diseño de Cuartos Fríos. Universidad Nacional de Colombia.

Asesoría de Arley Salazar profesor de refrigeración en el instituto tecnológico pascual bravo.

## CIBERGRAFÍA

CÁLCULO DE CARGAR TÉRMICAS PARA CAVAS DE CONGELACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARNE [en línea]. [Citado en Octubre de 2012]. Disponible en Internet: <<http://es.scribd.com/doc/45063285/Carga-Termica-Cavas-Carne>>

CUARTO FRÍO: ESQUEMA GENERAL [en línea]. [Citado en Noviembre de 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.slideshare.net/videodiesel/esquema-cuarto-frio>>

CUARTOS FRÍOS [en línea]. [Citado en Octubre de 2012]. Disponible en Internet: <[http://www.termoconsult.com/empresas/fanosa/cuartos\\_frios.htm](http://www.termoconsult.com/empresas/fanosa/cuartos_frios.htm)>

ELABORACIÓN DEL CAVA [en línea]. [Citado en Noviembre de 2012]. Disponible en Internet: <[http://www.bedri.es/Comer\\_y\\_beber/Vino/Elaboracion\\_del\\_vino/Elaboracion\\_del\\_cava.htm](http://www.bedri.es/Comer_y_beber/Vino/Elaboracion_del_vino/Elaboracion_del_cava.htm)>

ELABORACIÓN DEL CAVA [en línea]. [Citado en Octubre de 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.infoagro.com/viticultura/cava.htm>>

ESTRATEGIAS EN EL DISEÑO DE CUARTOS FRÍOS [en línea]. [Citado en Octubre de 2012]. Disponible en Internet: <<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/cuartos.htm>>

MARIANO. Poliuretano [en línea]. [Citado en Noviembre de 2012]. Disponible en Internet: <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/poliuretano.html>>