

APUNTES SOBRE INSTALACIÓN DE INVERNÁCULOS

Ing. Agr. GUILLERMO NORES
Profesor de Horticultura
Parques y Jardines

Arquitectónicamente, las diferentes formas de invernáculos son reconocidas principalmente por el estilo del techo: recostado, a dos aguas, a una agua, a varias aguas, curvos, redondos, circulares, etc.

Invernáculos recostados o apoyados

Esta es la forma más simple y por tanto de menor costo, pero la menos satisfactoria.

Se construyen tipos de invernáculos recostados a una pared sólo cuando se quiere aprovechar una pared ya construida. Esta, deberá estar enfrentada al sur y el techo en declive hacia el norte.

Tienen poca utilidad comercial, pues aprovechan pocas horas de luz, utilizándose sólo para aquellas plantas de sombra, como helechos.

Este tipo de invernáculo no sólo tiene menor costo inicial, sino también en cuanto a su mantenimiento y conservación; tiene poca superficie de vidrio con relación al área cubierta y, por tanto, menor rotura, y menor radiación de calor.

Techos a dos aguas

En este tipo de invernáculo, como lo indica su nombre, los dos lados del techo son de igual ancho. Es la forma más difundida, siendo este tipo superior al descripto anteriormente, pues la luz entra por dos lados, teniendo la ventaja de poder orientarse: norte-sur o este-oeste.

Estas distintas orientaciones darán diferencia de luminosidad al interior del invernáculo, ya que en la N-S, el sol iluminará parte del día el lado E y otra parte del lado W, teniendo el inconveniente de un mayor ángulo de incidencia en los vidrios y, por tanto, mayor reflexión de luz y calor; mientras que con la orientación E-W el sol siempre incidirá sobre un solo lado o sea del norte, pero con menor ángulo de incidencia y menor pérdida



Pequeño invernáculo a calefacción (agua caliente) para multiplicación, en la Facultad de Agronomía de Montevideo. Construcción de madera.

por la reflexión y la sombra proyectada por el armazón del invernáculo, pero una parte de las plantas recibirán más luz (N) y otras menos (S).

Techos a varias aguas.

Un invernáculo de este tipo forma en realidad dos o más invernáculos juntos. Pueden ser cada uno de ellos de una sola agua o de dos aguas. Se indican algunas ventajas como: 1) menor costo de construcción que varios separados de igual tamaño, tomando

en cuenta las paredes que se economizan; 2) menor costo de las labores a causa del pasaje directo dentro del invernáculo; 3) utilización de un mayor espacio; 4) los techos del centro están resguardados del viento por los de los costados; 5) la radiación es también reducida a causa de que existe una menor superficie de pared expuesta al ambiente exterior y estando los invernáculos del centro protegidos se necesita una cantidad menor de combustible para la caldera.



· Invernáculo para plantas tropicales de la Facultad de Agronomía de Montevideo. Construcción de hierro.

Las desventajas pueden mencionarse como: 1) los invernáculos centrales quedan más o menos sombreados; 2) no existe buena luz ni ventilación lateral; 3) la tierra y los materiales con que se trabaja deben ser acarreados desde un extremo, en lugar de poderse trabajar con ellos por el costado (objeción que es admisible cuando estas construcciones son demasiado largas).

Estas consideraciones son válidas para construcciones de igual tamaño, unidas o separadas, pero existe para la misma plan-

ta de invernáculo otra diferenciación si en lugar de ser un techo a varias aguas es un solo techo a dos aguas.

Contrariamente a la primer impresión se necesita al misma cantidad de vidrio para los dos sistemas (fig. 1).

Pueden concretarse las siguientes ventajas para techos únicos: 1) son mejor mantenidos a una temperatura dada; 2) se asegura la ventilación sin hacer sufrir a las plantas ráfagas frías; 3) más y mejor distribución de luz; 4) aloja mayor volumen de aire; 5) requiere menos ventiladores.

Por otro lado, deben considerarse también las siguientes desventajas: 1) su mayor altura lo hace mejor blanco para las tormentas; lo que en invierno causa pérdidas por radiación; 2) me-

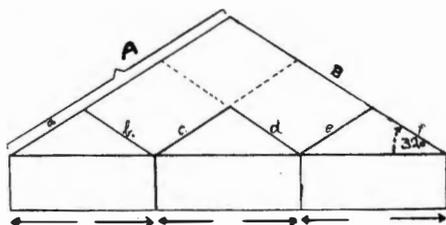


Fig. 1. — Diagrama que demuestra que el área cubierta de vidrio es la misma con pequeños invernáculos juntos que uno solo grande, siempre que el ángulo sea igual.

$$a + b + c + d + e + f = A + B$$

nor facilidad para arreglos como ser pintura y vidrios; 3) el costo inicial es más alto a causa de la mayor altura, pues necesita un material más resistente.

Techos curvos.

Actualmente los techos curvos se construyen rara vez, excepto para locales de exposiciones, por su efecto ornamental, gozando de la ventaja de ser el tipo de techo que intercepta menos los rayos solares, pero en la práctica se ha notado poca superioridad sobre los tipos de techos planos, siendo el gasto de los primeros mucho mayor, por lo cual no se utilizan comercialmente.

Techos con aleros redondos.

La sombra que hacen los aleros y canales puede ser subsanada por la construcción de techos con aleros redondeados, lo que

produce una mayor luminosidad al evitar esas interferencias. En invernáculos chicos es apreciada esta ventaja pero en plantas medianas y grandes no es de mayor conveniencia; por otra parte, el vidrio curvo es muy caro.

Invernáculos circulares.

Se utilizan como edificios ornamentales en parques y para el cultivo de plantas altas, tropicales, pero no tienen uso comercialmente, por su alto costo.

Diseño interno del invernáculo

Las plantas en invernáculos pueden cultivarse en macetas o directamente en el suelo, determinando esto 2 tipos distintos de disposición interna: platabandas de material levantadas para la colocación de las macetas o dejando el suelo libre para su cultivo directo, utilizando este método para el cultivo de hortalizas o flores.

El tipo de platabanda levantada tiene ventajas, como ser: 1) se cuidan con mayor facilidad las plantas en lugar alto que en el suelo; 2) pueden calentarse las plantas por su parte inferior, lo que para muchos cultivos es muy interesante, colocando los radiadores bajo la platabanda, lo que les hace también menos visibles; 3) hay mayor aereación para las plantas; 4) puede regularse mejor la temperatura y humedad del suelo; 5) hay un mejor enraizamiento.

Se indican desventajas, como ser: 1) un mayor gasto inicial; 2) se pierde algún espacio; 3) el suelo debe cambiarse más a menudo; 4) el suelo se seca más rápidamente; 5) no pueden utilizarse carretillas para el cultivo u otras herramientas que no sean aquellas para trabajar a mano. En grandes invernáculos cuando se cultivan las plantas en el suelo, es posible roturarlo con arado y caballo.

Estas desventajas son atendibles cuando el cultivo se efectúa directamente en el suelo, pero cuando se realiza en macetas, terrinas, cajones, etc., como se hace con algunos cultivos florales y con las plantas de adorno, o cuando se efectúa la multiplicación a base de semilla, estaqueado, o injerto que como con los

coníferos es necesario el calor y el ambiente cerrado, el tipo de disposición interna será a base de platabandas levantadas.

El material a usarse en las banquinas puede ser: madera, hierro, cemento, mampostería o combinaciones de estos materiales. Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Así la madera, aunque es un material noble en construcciones para cultivos, como en cajoneras para camas calientes, es de corta duración; el hierro necesita mucho gasto de conservación (pintura); el cemento es material muy frío y el ladrillo, aunque bueno en su

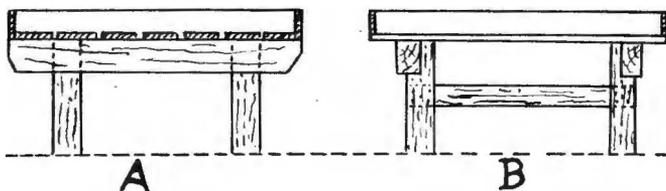


Fig. 2. — Dos tipos de banquinas de madera. A, tablas colocadas longitudinalmente. B, tablas colocadas a lo ancho.

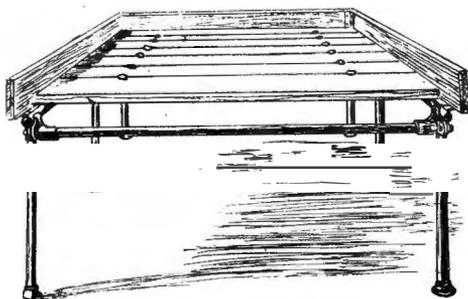


Fig. 3. — Banquina de hierro transportable.

carácter de material de drenaje y efectos térmicos, necesita también hierro o madera para su elevación.

Contrabalanceando un material con otro, siempre que sea destinado a usos generales y en banquinas fijas, el cemento armado es el material a utilizarse, teniendo el cuidado, cuando se hacen las respectivas planchadas, de que pueda drenar el agua de riego para no provocar una excesiva humedad.

Si las banquinas son usadas solamente en diversas circunstancias, el material a utilizarse será entonces madera o hierro para poder ser desarmable y transportadas (figs. 2 y 3).

Disposición de las banquetas.

Son varias las causas que determinan la disposición de las banquetas en el invernáculo: 1) ancho de su planta; 2) uso de ellas; 3) altura de las mismas; 4) y gusto del cultivador.

En los invernáculos comerciales, los caminos, aunque imprescindibles, son considerados como espacios perdidos, tratándose siempre de diseñarlos, por tanto, tan angostos como sea posible; por lo contrario, cuando se utilizan para exposiciones, la medida mínima es la necesaria para el fácil pasaje de dos personas.

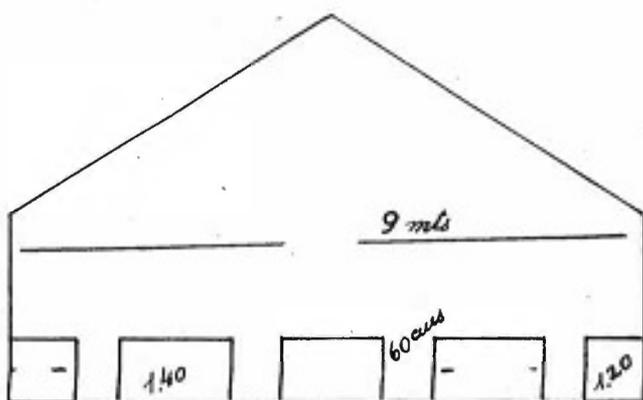


Fig. 4. — Arreglo de las banquetas en un invernáculo de 9 mts. de ancho; de esta forma se utiliza un 73,3 % de superficie.

Es de gran valor determinar bien la disposición y medidas de las banquetas para aprovechar el mayor espacio posible de la construcción, y así se tiene como regla general, no hacer caminos en los costados contra las paredes, sino utilizar ese lugar para platabandas aún angostas (figs. 4, 5 y 6). Estos caminos serán más estrechos cuando las banquetas son más bajas, pues en esta disposición es más fácil el pasaje, pudiendo ser de mínimo ancho, cuando se cultiva directamente en el suelo, llegando así a 35 cms., y con banquetas altas a 70 cms.

CALEFACCION DEL INVERNACULO

La elevación de temperatura puede efectuarse especialmente en dos formas: a base de vapor o agua caliente. Otro tipo, o sea a base de aire caliente por medio de estufa directa no es satisfactoria ni aún para invernáculos pequeños, no así la producida por la radiación de una chimenea que lleva los gases desprendidos de un quemador, dispositivo que puede utilizarse en construcciones económicas y por cortos períodos de tiempo, pues el gasto de combustible es desproporcionado con sus efectos.

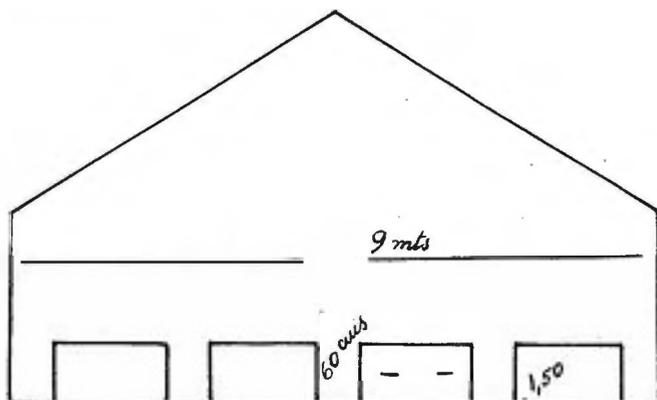


Fig. 5. — Otra disposición en la que se utiliza sólo un 66,6 %.

Los principios que rigen la calefacción en los invernáculos son los mismos que para otro cualquier edificio, con la diferencia que sus paredes y techo de vidrio de poca aislación, no comparable a aquella de ladrillo o madera, pierden mucho calor y, por tanto, requieren mayores calderas, teniendo en cuenta también que necesitan una temperatura más alta y más uniforme que en las viviendas.

Calefacción por chimenea.

Para este tipo de calefacción, el equipo consiste solamente en una hornalla en un extremo del invernáculo, y una chimenea en el opuesto, conectado por caños que hacen las veces de super-

ficies de radiación, estando colocados bajo las banquinas y con una pequeña inclinación hacia abajo del lado de la hornalla. Este método es costoso por el gasto de combustible y de difícil regulación térmica.

Calefacción de agua caliente vs. vapor.

Estos dos tipos tienen sus adeptos y cada uno de ellos trata de subrayar las ventajas de su sistema.

Ventajas del agua caliente: 1) produce un calor más uniforme que el vapor; 2) los caños de radiación no están a tan alta temperatura y, por tanto, las plantas que están cerca, tienen me-

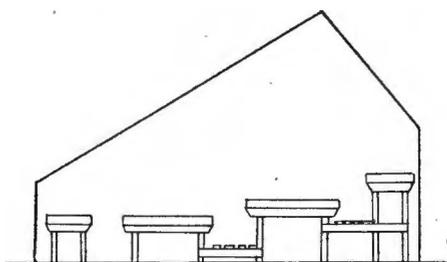


Fig. 6. — Arreglo de las banquinas en un invernáculo a techo desigual para asegurar mejor la iluminación.

nos oportunidad de dañarse (aunque si tocan los caños se producen heridas; 3) no requieren avivar el fuego tan frecuentemente pues el agua caliente está continuamente circulando en los caños, siempre que haya algún fuego en el hogar, por mínimo que éste sea; mientras que el vapor es necesario que exista agua hirviendo en la caldera, para que haya vapor en los caños; 4) por esta causa se necesita menos vigilancia nocturna en la calefacción de agua caliente; 5) es menos peligrosa, aunque con el vapor se trabaja a muy baja presión; 6) teóricamente se necesita menos combustible; 7) el agua mantiene el calor por algún tiempo si por accidente se apaga el fuego.

Ventajas de los tipos a vapor: 1) menor costo de instalación; 2) menos caños, por tanto, menos sombra cuando estos están colocados en la parte superior; 3) menor tiempo para levantar la

temperatura, pues es menor la cantidad de agua; 4) el vapor puede utilizarse para la esterilización del suelo.

Puede diseñarse también una instalación combinada, utilizando dos calderas y una sola instalación radiante o dos instalaciones radiantes, cada una con su caldera correspondiente, haciendo funcionar a ambas en los momentos de temperatura crítica exterior.

En cualquiera de los dos sistemas de calentamiento es mejor utilizar varias calderas que depender de una sola de mayor capacidad. En caso de accidente a alguna de las calderas, las restantes se pueden forzar y así mantener la temperatura requerida y no perder el cultivo o cultivos por el desarreglo de una sola caldera.

La superficie de radiación que se utiliza en los invernáculos no es la de los radiadores comunes de habitación, pues se necesita una temperatura lo más uniforme posible en toda la planta, causa por la cual se usan caños de hierro.

Se requieren tantos metros de caño como para completar una superficie de radiación suficiente para elevar la temperatura al nivel deseado. Los caños se colocarán en paralelo, en toda la longitud del invernáculo, pudiéndose disponer de diversos diseños para ello.

El agua caliente sale de la caldera por un caño de mayor volumen, llamado caño de alimentación o de agua caliente, de allí se distribuye por varios caños de radiación y de estos vuelve a la caldera por el caño de retorno.

Instalaciones de agua caliente. Principios generales.

Los sistemas de calefacción por agua caliente se basan en el principio del aumento de volumen que experimenta el agua al calentarse y la correspondiente pérdida de peso; al encender una caldera el agua que se halla alrededor del hogar, se dilata y haciéndose más liviana va hacia la parte superior, forzada por el agua fría.

El problema de la calefacción por este sistema, se reduce a conducir el agua caliente de la caldera a los radiadores, donde a causa de la gran superficie de radiación de estos, permiten que el agua ceda parte de su temperatura al ambiente, y enfriándose

luego y aumentando de peso, es conducida hacia atrás, a la caldera, donde desplazará al agua caliente, cerrando el circuito.

La gravedad es la fuerza que se utiliza para efectuar esta circulación, pues actúa con una fuerza proporcional a la diferencia en peso, entre la columna de agua caliente y la columna de agua fría.

Las tablas adjuntas dan el peso de un pie cúbico de agua destilada a diferentes grados Fahrenheit y de un metro cúbico de agua a diferentes grados centígrados.

32 grds. F.	62,42 libras	4 grds. C.	1,000,000 kgs.
100 " "	62,02 "	10 " "	999,747 "
110 " "	61,89 "	20 " "	998,259 "
120 " "	61,74 "	30 " "	995,765 "
130 " "	61,56 "	40 " "	992,350 "
140 " "	61,37 "	50 " "	988,200 "
150 " "	61,18 "	60 " "	983,380 "
160 " "	60,98 "	70 " "	977,940 "
170 " "	60,77 "	80 " "	971,940 "
180 " "	60,55 "	90 " "	965,560 "
190 " "	60,32 "	100 " "	958,650 "
200 " "	60,07 "		
210 " "	59,82 "		
220 " "	59,76 "		
230 " "	59,37 "		

De la última tabla se deduce que el agua a 50° centígrados es kgrs. 4'820 más pesada que a 60° centígrados por metro cúbico y, por tanto, resulta evidente que cuanto más alta es la columna de agua, mayor será su diferencia de peso y más rápida la corriente.

Los distintos factores que influyen en la velocidad del agua en un sistema de agua caliente por gravedad, pueden apreciarse en esta fórmula.

$$V = \sqrt{\frac{2gh (w - W)}{(w + W)}}$$

V: es velocidad en pies por segundo.

g: fuerza de la gravedad (32,16).

h: total de altura del sistema.

W: peso de un pie cúb. de agua caliente cuando deja la estufa.

w: peso de un pie cúb. de agua caliente cuando entra a la estufa.

No se toma en cuenta, por supuesto, en la fórmula, las pérdidas por fricción. Su aplicación práctica procede cuando se desea aumentar la velocidad del agua; por ejemplo: en largos recorridos, ya sea bajando la altura del quemador o aumentando la altura de los caños calientes.

La tabla adjunta da la velocidad en pies por segundo en un sistema de agua caliente bajo varias condiciones.

Altura de la columna	Diferencia de temperatura entre el agua que sale y entra a la estufa					
	5° F.	10° F.	15° F.	20° F.	30° F.	40° F.
5 pies	0,541	0,75	0,92	1,09	1,33	1,51
10 "	0,765	1,06	1,32	1,55	1,88	2,04
20 "	1,085	1,50	1,85	2,19	2,66	3,01
30 "	1,350	1,83	2,16	2,68	3,26	3,71

La misma tabla anterior en grados C. y metros por segundo (aprox.).

	2,5 C.	5,5 C.	8 C.	11 C.	16,5 C.	22 C.
1,5 mts.	0,16	0,23	0,28	0,33	0,40	0,46
3 "	0,23	0,32	0,40	0,47	0,57	0,62
6 "	0,33	0,46	0,56	0,67	0,81	0,92
9 "	0,41	0,56	0,66	0,82	0,99	0,113

Acondicionamiento de las cañerías.

Existen dos métodos para acondicionar las cañerías de agua caliente; uno es conocido como "alto" y el otro como "bajo" (fig. 7). En el primero, el punto más alto en el sistema está directamente arriba de la estufa; y en el otro, ese punto está en la parte más alejada del sistema. Cualquiera de los dos es satisfactorio y mejor que el sistema a nivel. En cualquiera de los dos, el alto o el bajo, el aire acumulado en los caños alcanza las partes más altas y es expelido por una válvula automática de aire. En el sistema a nivel, pueden producirse pequeñas curvas donde se acumularía el aire y entorpecería por esta causa el buen funcionamiento de la irradiación.

Estimación de la radiación.

Los cálculos para la calefacción de un invernáculo están basados en ciertas cuestiones fundamentales, lo que para el agua caliente puede resumirse así:

Un pie cuadrado de vidrio irradia bajo condiciones ordinarias del invernáculo en invierno 1 B. T. U., aproximadamente de calor por hora, para cada grado de diferencia de temperatura F. entre el aire interior del invernáculo y el exterior. Una buena

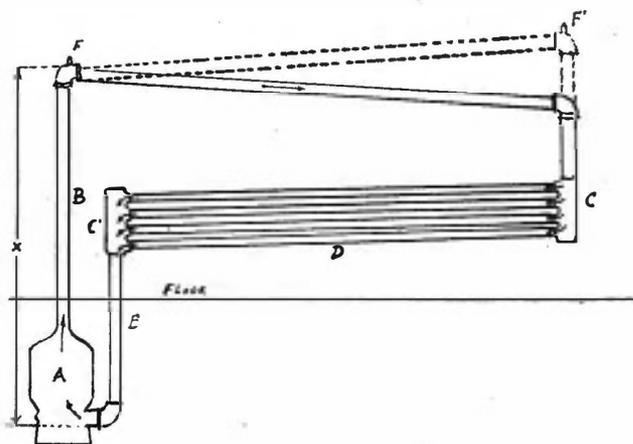


Fig. 7. — Diagrama que muestra el sistema "alto" y "bajo" de disposición de los caños de calefacción. A, caldera. B, caño de agua caliente. C' C, distribuidores. D, caños de radiación. E, caño de retorno. F, sistema "alto". F', sistema "bajo".

madera, ladrillo u hormigón irradia una sexta parte de 1 B. T. U. por pie cuadrado y por hora. Se acostumbra, pues, a dividir la superficie de estos materiales por 6 y considerar todo como vidrio.

B. T. U. (British Thermal Unit; la cantidad de calor requerida para llevar de 62 a 63 grds. F. una libra de agua destilada).

Para llegar a estimar la posible pérdida de calor de un invernáculo será necesario, pues, sumar a la superficie total de pies cuadrados de vidrio, un sexto de la superficie de paredes (expuestas al aire) y multiplicar esa suma por la diferencia entre la temperatura a la cual se desea el interior y la temperatura más

baja que pueda considerarse en el exterior. Supongamos un ejemplo: Un invernáculo tiene 10,000 pies cuadrados de vidrio y equivalentes, requiriéndose una temperatura de 50° F., siendo la más baja en el exterior, —10° F. El número de B.T.U. irradiados será: [50° — (—10°)] × 1 × 10,000 = 600.000 B. T. U., lo que indica la cantidad de radiadores que deberán calcularse.

En calefacción a agua caliente, los caños radiarán aproximadamente 2 B. T. U. por pie cuadrado de superficie y por hora para cada grado F. de diferencia de temperatura entre el caño y el aire que lo rodea. El promedio de temperatura de los caños será tomado a 160 gds. F. y si el ambiente debe ser mantenido a 50 gds. F. la diferencia será de 110 gds. Multiplicando 110 por 2 tendremos 220, o sea el número de B. T. U. irradiados por cada pie cuadrado de superficie radiante por hora. Si entonces dividimos 600.000 por 220, tendremos 2.727, que es el número de pies cuadrados de superficie radiante que necesitamos.

Estos principios están en la fórmula que sigue, donde

R: es la cantidad de superficie radiante requerida en pies cuadrados.

T: es la temperatura que deseamos tener.

t: es la temperatura exterior más baja.

G: es el número de pies cuadrados de vidrios o equivalentes.

$$R = \frac{(T - t) \times G}{(160 - T) 2}$$

Esta fórmula da un amplio margen de seguridad. Muchos constructores prefieren usar menos superficie radiante y forzar la caldera en los días de muy baja temperatura exterior. Para esto es necesario tener 180 gds. F. (82° C.) o aún mucho más, y entonces la superficie radiante será menor.

Cantidad de cañería que se necesita.

Habiendo estimado la radiación necesaria, el problema siguiente es encontrar la cantidad de cañería que proveerá esta radiación. 1 pie lineal de caño de 1,5 pulgadas provee alrededor de 0,5 pies cuadrados de superficie. Divídase el número de pies cuadrados de radiación necesaria por la superficie exterior de un pie lineal del caño que se desea colocar; el resultado será el nú-

mero de pies lineares de caño requerido. De esta cifra se restará la cantidad de radiación que suministra las salidas de las calderas y otros accesorios.

La tabla siguiente da la superficie de radiación en pies cuadrados de un pie lineal de caño de varios tamaños.

Diámetro del caño pulg.	Superficie radiante de un pie lineal
0,75	0,27 pie cuadrado
1,00	0,35 " "
1,25	0,43 " "
1,50	0,49 " "
2,00	0,62 " "
2,50	0,75 " "
3,00	0,91 " "
3,50	1,05 " "
4,00	1,18 " "

Para trabajos corrientes, la siguiente regla general dará aproximadamente la cantidad de superficie radiante requerida.

Se dividirá el número de pies cuadrados de vidrio y equivalentes:

por 6	para calentar a 40 grds. F.	4,4 C.
por 4	para calentar a 50 grds. F.	10,0 C.
por 3,5	para calentar a 60 grds. F.	15,6 C.
por 3	para calentar a 70 grds. F.	21,1 C.

El cociente expresa los pies cuadrados de superficie radiante necesarios.

Diámetro del caño de alimentación de los radiadores.

La experiencia ha demostrado no ser necesario que el caño de agua caliente que sale de la caldera y alimenta a los radiadores tenga que representar la suma de las capacidades de estos últimos. El diámetro correcto puede ser determinado, teóricamente, por esta fórmula muy poco utilizada:

$$A = \frac{H R}{25 w v t}$$

A, es el área de la sección del caño alimentador en pulgadas cuadradas.

H, es la radiación total en B. T. U. por hora de los radiadores.

R, es la superficie radiante en pies cuadrados.

w, es el peso de agua por pie cúbico.

v, es la velocidad de pies por segundo.

t, es la diferencia de temperatura existente entre el agua que sale de la caldera y la que vuelve.

Esta fórmula es muy raramente usada, pero la tabla que sigue se deriva de ella. Para usarla mídase la altura de la columna de agua en pies, búsquese en la tabla el factor para esta altura, y multiplíquese la raíz cuadrada de la superficie radiante de los caños en pies cuadrados por ese factor. El resultado será el tamaño del caño alimentador en pulgadas (*diámetro*) requerido. Esta determinación se basa en la presunción de que existe una diferencia de 10 gds. entre la temperatura del agua que sale y la que vuelve a entrar en la caldera.

Altura de la columna (pies)	Factor del diámetro
5	0,133
10	0,113
15	0,104
20	0,095
25	0,091
30	0,087

Ejemplo: 10 caños de 1,5 pulgada y 100 pies de largo (500 pies cuadrados). 15 pies de altura sobre la caldera.

Resultado: $\sqrt{500} = 22,4 \times 0,104 = 2,33$ ó sea 2,5 pulgadas.

La fórmula anterior toma en consideración el hecho de que cuanto más grande es la altura de la columna de agua, más rápida será la corriente y, consecuentemente, más pequeño el caño a usarse. En los invernáculos, sin embargo, la altura rara vez es muy grande, variando usualmente entre 8 y 20 pies, (2,5 y 6 mts.) de modo que la siguiente regla resulta satisfactoria: se dividirá por 10 la raíz cuadrada de la superficie radiante de los caños,

dando el diámetro en pulgadas del caño alimentador de agua caliente.

$$\frac{\sqrt{500}}{10} = 2,24$$

El caño más próximo es el de 2,25 pulgadas, pero como es demasiado cercano convendrá con ventaja uno de 2,5 pulgadas.

El diámetro del caño principal de suministro de agua caliente, primero que sale de la caldera, se deduce de la misma fórmula. Es mejor tener un caño principal de agua caliente, del cual deri-

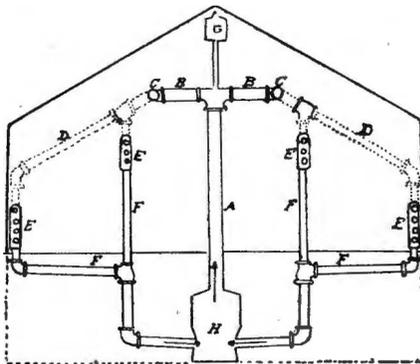


Fig. 8. — Un sistema de cañerías de calefacción para un invernáculo de mediana capacidad. A, caño de agua caliente. B, B, derivaciones del anterior. C, C, caños de agua caliente que se extienden a lo largo del invernáculo. D, D, caños de distribución al final del invernáculo. E, E, E, E, caños radiadores. F, F, caños de retorno. G, tanque de expansión.

varán ramas a los diferentes radiadores o caños de radiación, que tener un alimentador directo de la caldera a cada uno de los radiadores. Los caños de retorno deben ser de la misma medida que los alimentadores.

En la fig. 8 se da el diagrama de un tipo de cañerías para un invernáculo de tamaño mediano. En el diagrama A es el caño de alimentación de agua caliente que sube directamente encima de la caldera; B, B, derivaciones; C, C, derivaciones que corren a lo largo del invernáculo; D, D, distribuidores para los costados;

E, E, E, E, caños de radiación; F, F, F, F, caños de retorno, y G, tanque de expansión.

Las llaves serán colocadas convenientemente, de manera que cada uno o todos los radiadores puedan cortarse. Pueden colocarse tanto en el caño de alimentación, en el de retorno o en ambos a la vez. Si se colocan las llaves en los dos lugares indicados, las repa-

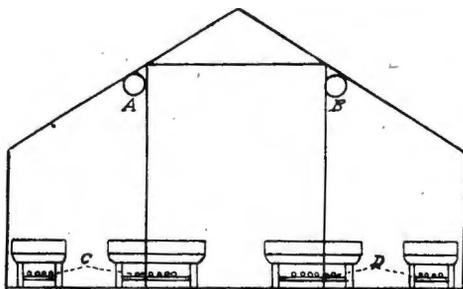


Fig. 9. — Esquema de calefacción con caños radiadores (C y D) bajo las banquetas y caños de agua caliente cerca del techo (A y B).

raciones pueden efectuarse sin interrumpir en los demás radiadores. Estas llaves serán del tipo que produzcan la menor resistencia posible al agua cuando se encuentren abiertas.

Longitud de los caños de radiación.

El largo de los caños de radiación que deben usarse depende:

- 1) del alto de la columna del agua.
- 2) del tamaño en que se usarán (diámetro).
- 3) de la fricción de sus caños y accesorios.

Este largo está dado en la tabla que sigue, para uso satisfactorio de varios tamaños:

Diámetro del caño en pulgadas	Largo del caño
1	hasta 50 pies o de 15 mts.
1,25	50 a 75 pies o de 15 a 23 mts.
1,5	75 a 100 pies o de 23 a 30 mts.
2	100 a 150 pies o de 30 a 46 mts.

Esta tabla está basada en la suposición de que intervenga solamente la gravedad en la circulación del agua. Cuando se usan bombas para efectuar el movimiento del agua, estas medidas de longitud pueden ser aumentadas.

El tamaño más comúnmente usado es el de 1,5 pulgadas y cuando la longitud de los invernáculos excede de los 100 pies (30 mts) deben usarse 2 ó más caños cada uno con alimentador y retorno separado.

Tanque de expansión.

El agua se expande cuando se calienta. Es, pues, necesario, tener prevención para que los caños no revienten, y para que siempre queden llenos con cualquier temperatura. Esto se con-

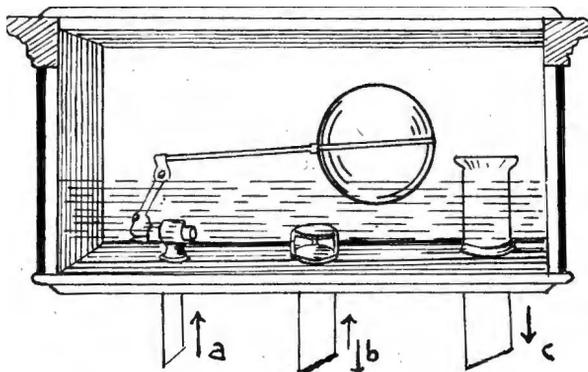


Fig. 10. — Tanque de expansión.

sigue conectando al sistema un tanque de expansión (fig. 10), al cual irá el exceso de agua cuando empieza el calentamiento y del cual también saldrá el agua cuando el sistema por alguna causa esté falto de ella. Este se colocará al lado o arriba del punto más alto del sistema; y deberá ser conectado con cualquier parte del sistema o con la caldera.

El tamaño del tanque es directamente proporcional al volumen del agua contenido en el sistema y está determinado por la medida de la expansión resultante del calentamiento. La tabla

que sigue, adaptada por Kent, da el volumen relativo de la expansión.

Temp. C.	Temp. F.	Volumen comparativo
4	39,1	1.00000
10	50	1.00025
20	68	1.00171
30	86	1.00425
40	104	1.00767
50	122	1.01186
60	140	1.01678
70	158	1.02241
80	176	1.02872
90	194	1.03570
100	212	1.04332

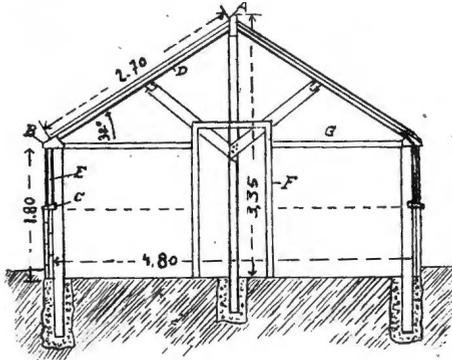
De la tabla expuesta, se deduce que el aumento de 50 a 212 grds. F. es de $1.04332 - 1.00025 = 0,04307$, o sea algo menos del 4 %. Es costumbre hacer el tanque de expansión del tamaño suficiente para contener el 5 % o una veinteva parte del agua que tiene todo el sistema incluyendo la caldera. Así si el sistema tiene 100 galones el tanque será de 5 galones.

La capacidad en galones de un pie lineal de caño standard está indicado en la tabla siguiente:

Diámetro en pulg. del caño	Capacidad por pie lineal	
1	0,0408 galones	0,1544 lts.
1,25	0,0638 galones	0,2415 lts.
1,50	0,0918 galones	0,3475 lts.
2	0,1632 galones	0,6178 lts.
2,50	0,2550 galones	0,9653 lts.
3	0,3672 galones	1,3900 lts.
4	0,6528 galones	2,4711 lts.
5	1,0200 galones	3,8611 lts.
6	1,4690 galones	5,5608 lts.

Sistemas a presión.

El agua en lugar abierto no puede ser calentada arriba de los 212 F. (100 C.) estando a la presión atmosférica. A esa temperatura el agua hierve y todo calor que se le suministre más allá, será empleado en la producción de vapor que se perderá. Esto es lo que sucede en un sistema de calefacción abierto, a menos que la columna de agua del sistema produzca algo de presión y la tem-



Plano para un invernáculo de madera.

peratura suba algo de los 212 F. Si el agua se puede mantener a mayor presión que la atmosférica, la temperatura de la caldera se podrá aumentar y así también la de los radiadores, disminuyendo, por tanto, para una misma temperatura interior del invernáculo, el largo de las cañerías de radiación.

El punto de ebullición del agua, bajo distintas presiones sobre la atmosférica, es dada en la tabla siguiente:

Libras de presión	Punto de ebullición Temp. F.
Normal	212.0
1/2 libra	213.7
1 libra	215.3
2 libras	218.5
3 libras	221.5
4 libras	224.4
5 libras	227.1
6 libras	229.7
10 libras	240.0

Vapor de agua saturado.

Presión en atms.	Temperatura en grds. C.	Presión en kgs. em. ²	Temperatura en grds. C.
1	100	1	99,1
1,1	102,7	1,1	101,8
1,2	105,2	1,2	104,2
1,3	107,5	1,3	106,5
1,4	109,7	1,4	108,7
1,5	111,7	1,5	110,8
1,6	113,7	1,6	112,7
1,7	115,5	1,7	114,5
1,8	117,3	1,8	116,3
1,9	119	1,9	118
2	120,6	2	119,6
2,1	122,1	2,1	121,1
2,2	123,6	2,2	122,6
2,3	125,1	2,3	124
2,4	126,5	2,4	125,4
2,5	127,8	2,5	126,7
2,6	129,1	2,6	128
2,7	130,3	2,7	129,3
2,8	131,6	2,8	130,5
2,9	132,8	2,9	131,6
3	133,9	3	132,8
4	144	4	142,8
5	152	5	151
6	159,2	6	157,9

Uno de los sistemas más antiguos para el tipo de calentamiento a agua caliente y presión, era el del tanque de expansión cerrado, con una válvula que dejaba escapar el aire del tanque a una presión determinada. Recientemente se han ideado varios aparatos a base de mercurio. Uno de los modelos está hecho para ser colocado en el caño de retorno al tanque de expansión, estando en este caso el tanque abierto al aire. La ventaja de este sistema sobre los de tanque cerrado estriba en el hecho de que no tiene

válvulas que puedan descomponerse o pegarse, como suele a veces acontecer, y que el tanque no necesita ser de presión.

En la práctica estos llamados "generadores" operan como sigue: La presión es determinada por el peso de una columna de mercurio. Cuando no existe calor en la caldera, el mercurio está en la posición marcada por (a) Fig. 11. Tan pronto como el agua se calienta se expande y pasa a través de la abertura (x). Esto fuerza al mercurio hacia abajo en la cisterna y así sube por el pequeño caño (b). La cantidad de mercurio está calculada para que cuando llegue bajando su nivel hasta dejar libre la abertura

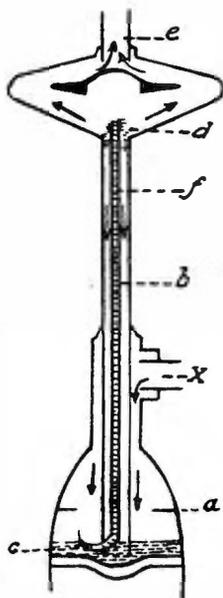
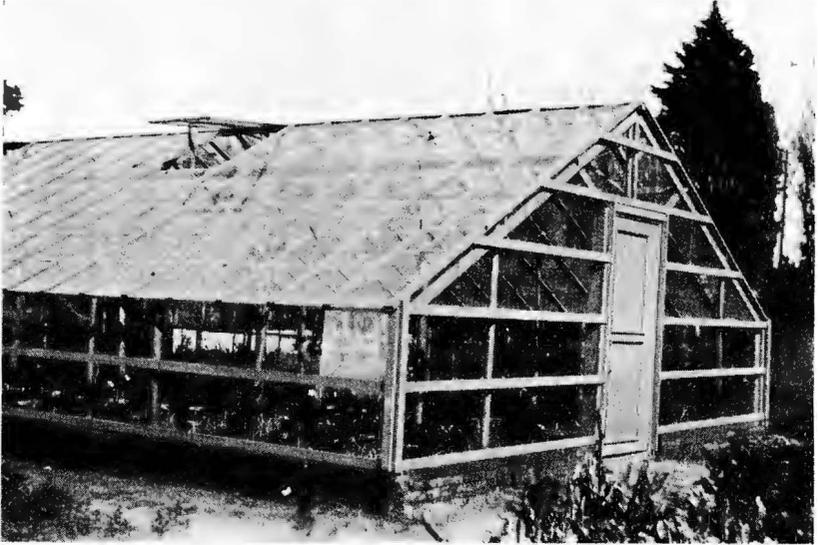


Fig. 11.
"Generador" a mercurio.

(c) del caño, desborde por (d). Al quedar abierta en (c) pasa por allí una cierta cantidad de agua, que llegará por el pasaje en (e) al tanque de expansión. Como el mercurio es pesado al desbordar en (d) cae por (f) otra vez a la cisterna, quedando de esta manera cerrado el ciclo.

Esta automaticidad retiene al agua a una presión que se ha determinado con anterioridad, usualmente alrededor de las 10 libras, lo que hace posible calentar el agua a los 240 F.



Invernáculo frío, para cultivo de flor cortada, claveles, arvejillas, alhelí, etc.

Este “generador” permite elevar la temperatura durante los grandes fríos del invierno, y al mismo tiempo permite disminuirla a la temperatura que se desea en tiempo de mediana temperatura, lo que lo hace más ventajoso que el uso del vapor.

La economía en la calefacción por agua caliente estriba en poder efectuar la calefacción con la menor temperatura posible de los caños, aumentando, como no podría ser de otra manera, la superficie de radiación.

Precauciones.

En cualquier sistema debe tenerse cuidado de no colocar caños o tanques de expansión en lugares en que estos puedan helarse. Si esto aconteciera y el agua, por cualquier circunstancia, dejase de circular, los resultados serían desastrosos.

TABLA DE CONVERSION DE TEMPERATURAS

$C = \frac{5}{9} (F - 32)$; $F = 32 + \frac{9}{5} C$; 1 degré C = 1,8 degré F; 1 degré F = 0,5556 C

° C.	° F.	° C.	° F.	° F.	° C.	° F.	° C.	° F.	° C.	° F.	° C.
130	266	4	39,2	230	110	80	26,7	33	0,6	-14	-25,6
120	248	3	37,4	225	107,2	79	26,1	32	0	-15	-26,1
115	239	3	35,6	220	104,4	78	25,6	31	-0,6	-16	-26,7
110	230	1	33,8	215	101,7	77	25	30	-1,1	-17	-27,2
105	221	0	32	212	100	76	24,4	29	-1,7	-18	-27,8
100	212	-1	30,2	210	98,9	75	23,9	28	-2,2	-19	-28,3
95	203	-2	28,4	205	96,1	74	23,3	27	-2,8	-20	-28,9
90	194	-3	26,6	200	93,3	73	22,8	26	-3,3	-21	-29,4
85	185	-4	24,8	195	90,6	72	22,2	25	-3,9	-22	-30
80	176	-5	23	190	87,8	71	21,7	24	-4,4	-23	-30,6
75	167	-6	21,2	185	85	70	21,1	23	-5	-24	-31,1
70	158	-7	19,4	180	82,2	69	20,6	22	-5,6	-25	-31,7
65	149	-8	17,6	175	79,4	68	20	21	-6,1	-26	-32,2
60	140	-9	15,8	170	76,7	67	19,4	20	-6,7	-27	-32,8
55	131	-10	14	165	73,9	66	18,9	19	-7,2	-28	-33,3
50	122	-11	12,2	160	71,1	65	18,3	18	-7,8	-29	-33,9
45	113	-12	10,4	155	68,3	64	17,8	17	-8,3	-30	-34,4
40	104	-13	8,6	150	65,6	63	17,2	16	-8,9	-31	-35
35	95	-14	6,8	145	62,8	62	16,7	15	-9,4	-32	-35,6
32	89,6	-15	5	140	60	61	16,1	14	-10	-33	-36,1
31	87,8	-16	3,2	135	57,2	60	15,6	13	-10,6	-34	-36,7
30	86	-17	1,4	130	54,4	59	15	12	-11,1	-35	-37,2
29	84,2	-18	-0,4	125	51,7	58	14,4	11	-11,7	-36	-37,8
28	82,4	-19	-2,2	120	48,9	57	13,9	10	-12,2	-37	-38,3
27	80,6	-20	-4	115	46,1	56	13,3	9	-12,8	-38	-38,9
26	78,8	-21	-5,8	110	43,3	55	12,8	8	-13,3	-39	-39,4
25	77	-22	-7,6	105	40,6	54	12,2	7	-13,9	-40	-40
24	75,2	-23	-9,4	100	37,8	53	11,7	6	-14,4	-41	-40,5
23	73,4	-24	-11,2	99	37,2	52	11,1	5	-15	-42	-41,1
22	71,6	-25	-13	98	36,7	51	10,6	4	-15,6	-43	-41,6
21	69,8	-26	-14,8	97	36,1	50	10	3	-16,1	-44	-42,2
20	68	-27	-16,6	96	35,6	49	9,4	2	-16,7	-45	-42,7
19	66,2	-28	-18,4	95	35	48	8,9	1	-17,2	-46	-43,3
18	64,4	-29	-20,2	94	34,4	47	8,3	0	-17,8	-47	-43,9
17	62,6	-30	-22	93	33,9	46	7,8	-1	-18,3	-48	-44,5
16	60,8	-31	-23,8	92	33,3	45	7,2	-2	-18,9	-49	-45,1
15	59	-32	-25,6	91	32,8	44	6,7	-3	-19,4	-50	-45,7
14	57,2	-33	-27,4	90	32,2	43	6,1	-4	-20	-51	-46,3
13	55,4	-34	-29,2	89	31,7	42	5,6	-5	-20,6	-52	-46,9
12	53,6	-35	-31	88	31,1	41	5	-6	-21,1	-53	-47,5
11	51,8	-36	-32,8	87	30,6	40	4,4	-7	-21,7	-54	-48,1
10	50	-37	-34,6	86	30	39	3,9	-8	-22,2	-55	-48,7
9	48,2	-38	-36,4	85	29,4	38	3,3	-9	-22,8	-56	-49,3
8	46,4	-39	-38,2	84	28,9	37	2,8	-10	-23,3	-57	-49,9
7	44,6	-40	-40	83	28,3	36	2,2	-11	-23,9	-58	-50,5
6	42,8	-41	-41,8	82	27,8	35	1,7	-12	-24,4	-59	-51,1
5	41	-42	-43,6	81	27,2	34	1,1	-13	-25	-60	-51,7

° C.	° F.	° C.	° F.
0,1	0,18	0,6	1,08
0,2	0,36	0,7	1,26
0,3	0,54	0,8	1,44
0,4	0,72	0,9	1,62
0,5	0,90	1,0	1,80

Galón líquido E. U. = 4 cuartos = 3,78543 litros.

Pulgada E. U. = 2,54 cms.

Pie E. U. = 12 pulgadas = 0,3048 m.

Yarda E. U. = 3 pies = 0,9144 m.

Pie cuadrado E. U. = 0,0929 m².

Libra E. U. = 16 onzas = 0,45359 kg.

1 B. t. u. por libra = 0,25198 gran caloría por libra.

1 B. t. u. por libra = 0,5556 gran caloría por kg.

1 B. t. u. por pie cúbico = 8,899 gran caloría por m³.

1 B. t. u. por pie cuadrado = 2,70 gran caloría por m².

1 B. t. u. por pie cuadrado y grado F. = 4,86 grs. caloría por m² y grado C.

1 B. t. u. por hora, pie cuadrado, pulgada y grado F. = 0,124013 gran caloría por hora, m², minuto y grado C.

BIBLIOGRAFIA

GARUFFA (E.). 1923. — Formulario del Ingeniero. Gustavo Gili, ed. Barcelona.

NISSLEY (Charles H.). 1935. — Starting Early Vegetable and Flowering Plants Under Glass. Orange Judd Publishing Company. Inc. New York.

THOMAS (H. H.). 1939. — The Greenhouse. Cassell and Company, Ltd. London.

WRIGHT (W. J.). 1937. — Greenhouses their construction and equipment. London. Orange Judd Publishing Company. Inc. New York.