

Capítulo 4.

Opciones de modelos de túneles para la propagación rápida de yuca

Elvia Amparo Rosero Alpala, Leonardo Andrés López Rebolledo, Carlos Dorado Valencia, Roosevelt Humberto Escobar Pérez y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Modelo de túnel de propagación en PVC

Demarcación de los puntos de las mesas y la estructura del túnel de PVC

Una vez definido el sitio donde se va a ubicar el túnel, se procede a despejar, limpiar y nivelar el terreno para hacer el trazado y la cimentación del proyecto (figuras 4.1 y 4.2).

Una vez marcados los sitios, se hacen huecos de 20 cm de diámetro, con una profundidad de 50 cm (figura 4.3).

Instalación preliminar del túnel y las mesas

Terminada la demarcación del área, se procede con la fundición de zapatas en el concreto (arena, triturado y cemento) a 20 cm del fondo del hueco, para crear la zapata, y luego se inserta en el centro un tubo galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", de 150 cm de longitud, nivelando todos los lados del tubo y dejándolos a la misma altura. En general, se entierra 30 cm y se deja hacia el exterior 70 cm (figura 4.4).

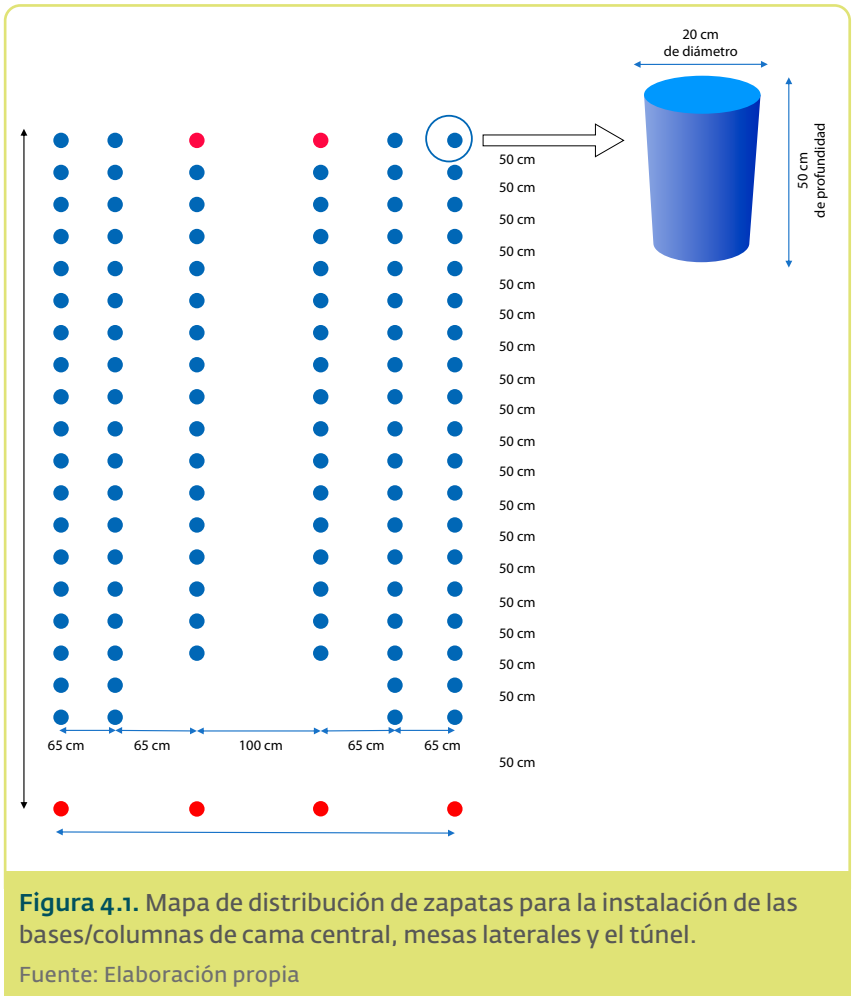




Figura 4.2. Ejemplo de distribución de puntos para las mesas. Trazado y distribución de cama central, mesas laterales y túnel.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo



Figura 4.3. Ahoyado para la instalación de zapatas para cama central, mesas laterales y la estructura del túnel.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo



Figura 4.4. Instalación de la base del túnel de multiplicación rápida.
a. Vista lateral de la disposición de los huecos para la instalación de la mesa y el túnel; b. Vista general de la nivelación de bases.

Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo

Después del secado de la mezcla (mínimo 48 horas) de la zapata de concreto en el fondo de los huecos, se procede con la ubicación de cada trozo de madera plástica en su lugar correspondiente, se amarran con abrazaderas plásticas (12 psi, 550 mm longitud, 7,8 mm ancho). Se verifica el nivel, y al final, se coloca una madera transversal de 60 cm para unir los dos paralelos que soportarán la mesa. Una vez se ha solidificado la mezcla de concreto, se ubican las tablas sobre estas estructuras (0,12 m × 0,3 m × 3 m), de manera que se forme una mesa (figuras 4.5 y 4.6).

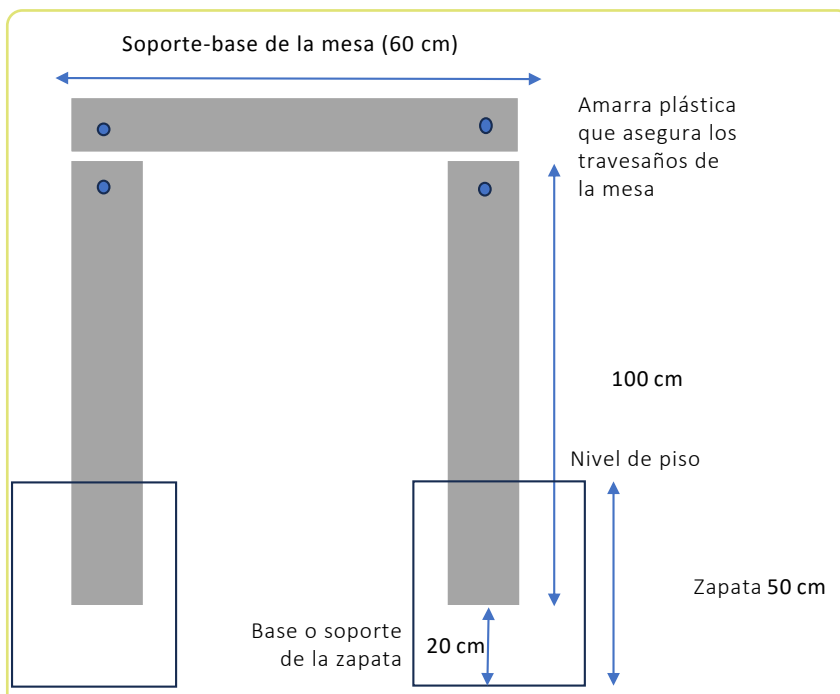


Figura 4.5. Esquema general de las mesas laterales.

Fuente: Elaborado por Leonardo López usando diseño de Carlos Dorado Valencia



Figura 4.6. Instalación de las camas laterales. a. Instalación de los soportes; b. Amarre; c. Visión general de la mesa lateral instalada.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

La cama central se arma de igual forma, pero está conformada por cinco trozos de madera, formando una H ($1,2 \times 1,0 \times 0,8$ cm); posteriormente, se amarran con las abrazaderas plásticas de resistencia de 550 mm de longitud $\times$ 7,8 mm de ancho (figuras 4.7 y 4.8).

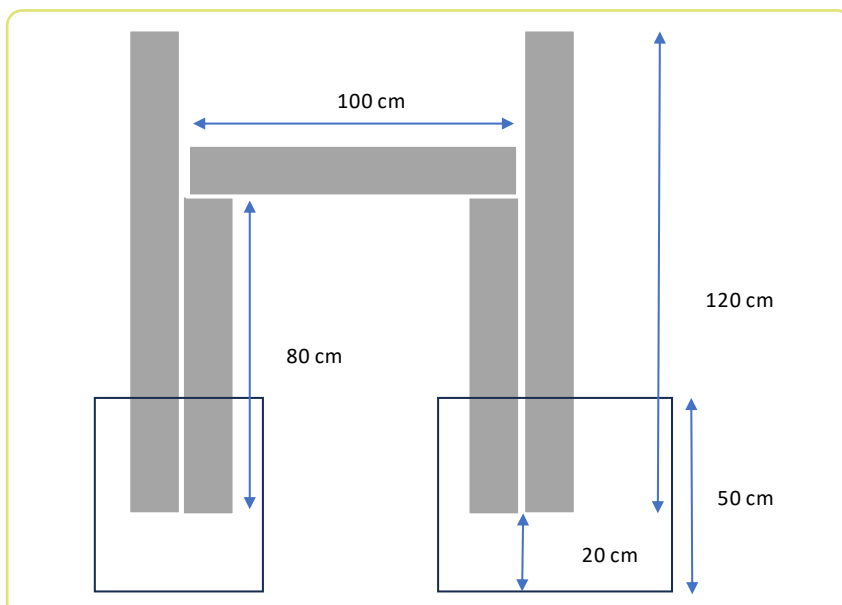


Figura 4.7. Esquema general de la cama central.

Fuente: Leonardo Andrés López Rebolledo con base en el diseño de Carlos Dorado Valencia



Figura 4.8. Instalación de los soportes de la cama central. a. Ubicación de la madera plástica para la instalación de la cama central; b. Amarre y aseguramiento de la madera plástica de la cama central con amarres laterales; c. Estado final de la cama central con amarres laterales y verticales.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Una vez terminadas las bases, se procede a colocar las tablas en la parte superior, fijándolas con tornillos de 2", para conformar una caja, en la cual se deposita grava, tela asfáltica y luego arena lavada como sustrato de siembra de las miniestacas (figura 4.9).



Figura 4.9. Instalación de las tablas para sostener el sustrato. a. Instalación de madera para la superficie y los laterales de la cama central; b. Instalación de tabla lateral frontal para el cerramiento de la cama central.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Construcción de la estructura del túnel de PVC

Para la construcción de la estructura del túnel, se procede a conectar tubo a tubo de PVC 1" con los 70 cm de tubo galvanizado de cada zapata. En cada punto sale un arco y se repiten a lo largo del túnel. Posteriormente, con ayuda de tubos de PVC $\frac{3}{4}$ " se conectan los arcos en los laterales y se ajustan fuertemente con amarras plásticas para fijar los arcos. Al final, queda un entramado de arcos anclado a los tubos metálicos y los laterales sujetados que dan firmeza al conjunto.



Figura 4.10. Instalación de la estructura del túnel de multiplicación con tubos pvc. a. Arcos con tubos PVC de 1" anclados a los tubos galvanizados de cada zapata; b. Estructura con tubería PVC $\frac{4}{3}$ " laterales, para amarrar los arcos. Esto da firmeza a toda la estructura.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

Como cobertura del túnel se ha usado plástico para invernadero hasta 1 m antes de la superficie del suelo; este plástico cuenta con un aditivo para la intemperie y con filtro uv calibre 8. El plástico debe extenderse muy bien, con el fin de evitar posibles arrugas o pliegues que pueden ocasionar embolsado de agua lluvia y daños por colapso o caída de la estructura. La malla antiáfidos de 1,5 m de alto debe ser instalada en las partes baja, frontal y posterior del túnel, para garantizar ventilación y evitar que la temperatura ascienda a niveles que pueden afectar el crecimiento de las plantas. Para anclar dicha malla al suelo y que esta quede tensionada, se depositan en los bordes piedras chinas, piedra caliza o cualquier material de la zona (figura 4.11).



Figura 4.11. Instalación del plástico y la malla antiáfidos.

Fotos: Leonardo Andrés López Rebolledo

La puerta para el acceso al túnel está ubicada en la cara frontal y cuenta con dimensiones de 1×2 m. Asimismo, como medida de control sanitario, se recomienda dejar 1,5 m de pediluvio para desinfección del calzado y las herramientas antes de ingresar al túnel (figura 4.12).



Figura 4.12. Puerta frontal y área de aislamiento previa.

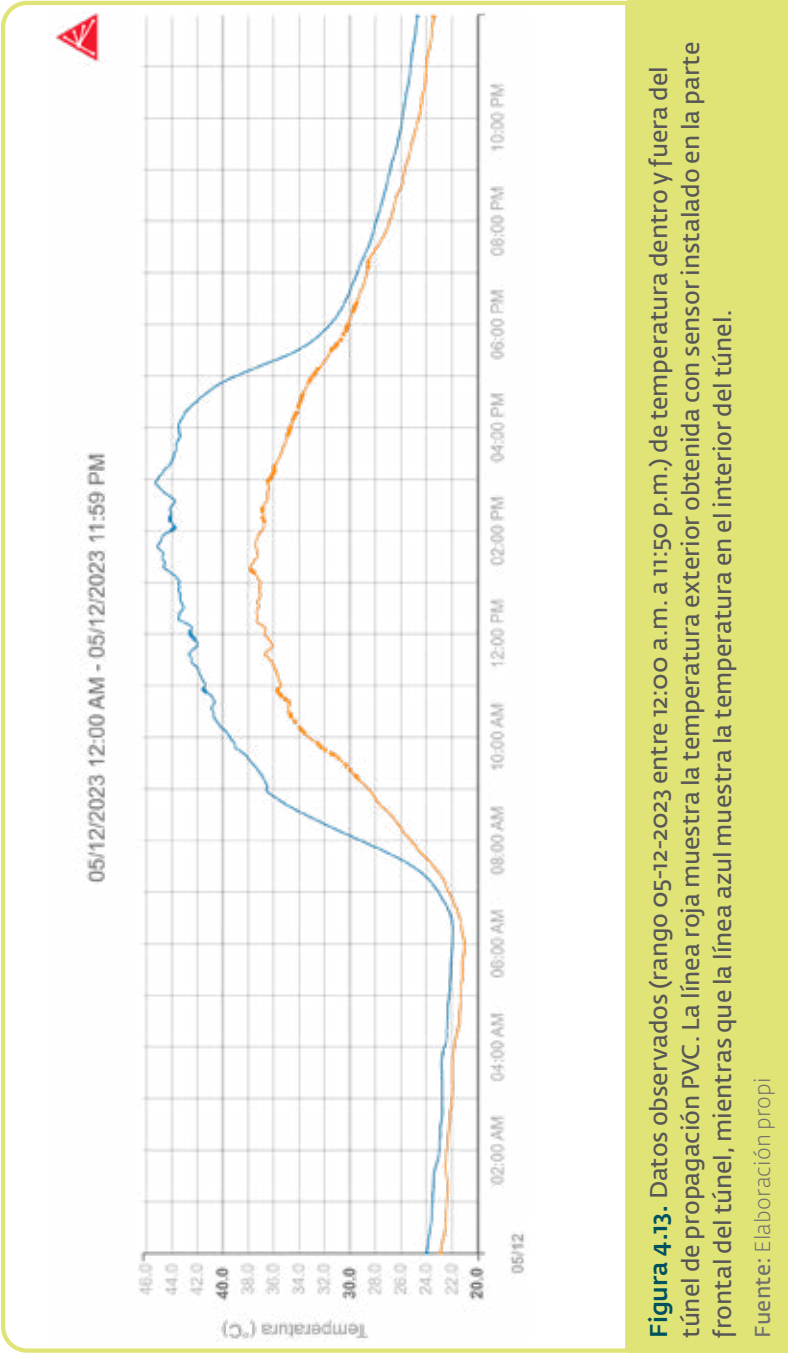
Foto: Leonardo Andrés López Rebolledo

Al terminar la instalación de todos los componentes del túnel, se cubre el suelo con una capa de piedras para evitar el crecimiento de malezas y facilitar que se mantenga el área limpia y sin encharcamientos y barro por efecto de los riegos.

Requerimientos hídricos del sistema y frecuencia de riego

De acuerdo con las mediciones de los sensores ubicados dentro y fuera de la estructura instalada en el predio de la costa Caribe, las temperaturas máxima y mínima dentro del túnel fueron de 45°C y 23°C, respectivamente; la temperatura promedio dentro del túnel está 7°C por encima que la temperatura ambiental (figura 4.13).

En cuanto a la humedad relativa, a medida que la temperatura aumenta, aquella baja, con valores máximo y mínimo dentro del túnel del 65% y el 28%, respectivamente.



Con el sistema de riego por nebulización se busca suministrar, en el interior del túnel, el agua que requieren las plantas, además de controlar la temperatura y la humedad relativa, de tal manera que se favorezca el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para el tamaño de los túneles diseñados en la costa Caribe se requiere un sistema de riego por nebulizadores de 4 salidas con válvula antidrenaje sobre el lateral del riego. La bomba de riego implementada en este proyecto, de 1 hp, tiene una presión de trabajo de entre 30-40 psi y un caudal de 10-100 L agua/min. El sistema requiere tubería a presión, cuyo lateral, donde se conectan los nebulizadores, puede ser de 1/2" y la de distribución de 1,5". Se debe instalar un filtro de disco o de malla después de la bomba para evitar que residuos o partículas en el agua lleguen a los nebulizadores y los obstruyan. Al final de la tubería lateral se debe ubicar una válvula de paso para facilitar el lavado y mantenimiento de la tubería.

La prioridad en el mantenimiento del sistema de riego es evitar que se obstruyan los nebulizadores, por lo que el mantenimiento del filtro es fundamental; este debe hacerse con un lavado cada dos o tres días, dependiendo de la calidad física del agua, especialmente, cuando el contenido de sales ricas en sodio (Na^+) se encuentran en un rango de 30-40 cmol/L. Para hacerle mantenimiento a la tubería, se debe lavar frecuentemente para evitar el crecimiento de algas y la acumulación de residuos sólidos que puede transportar el agua. Para ello, se debe abrir las válvulas ubicadas al final de la tubería lateral, con la bomba funcionando, para que el chorro de agua arrastre las impurezas al exterior y no se acumulen.

Resulta importante resaltar que no todo lo que esté interfiriendo o presente en la tubería puede arrastrarse con este lavado, algunas veces se dan depósitos que taponan los nebulizadores y obstruyen el paso del agua durante el riego; si llegase a ocurrir esto deben quitarse los nebulizadores de la línea de riego, cambiarlos por unos nuevos y llevar los nebulizadores taponados a lavado con cepillo y agua a presión.

Considerando que las temperaturas en el interior del túnel son mayores que afuera de este, que la humedad relativa dentro del túnel es baja debido a la alta temperatura interna y que el sustrato de la cama de enraizamiento es arena, en el Caribe se hace necesario regar según la etapa fenológica de las plantas, con lo que adicionalmente se logra disminuir la temperatura y aumentar la humedad relativa.

Modelo del túnel en tubo galvanizado

Demarcación de los puntos para la construcción del túnel en tubo galvanizado

El trazado, estaquillado e instalación de las mesas pueden ser realizados como en el caso del túnel en PVC, antes de la instalación de arcos y cobertura, para evitar que la temperatura afecte el trabajo del operario durante la instalación dentro del túnel. Para la instalación del túnel, se traza el área donde se va a establecer (figura 4.14); se recomienda que esta sea plana o que la pendiente no supere el 3 %. El alistamiento previo y nivelación es como se describió en el aparte anterior. Así mismo, se abren los orificios para las zapatas laterales y tensores según la distribución que se muestra en la figura 4.15.

Los arcos, sus bases y la puerta de entrada pueden ser comprados directamente en una dobladora, donde se deben indicar sus dimensiones; para el caso de la puerta, también se mandan a realizar las respectivas perforaciones donde deben ir los tornillos y las guayas (figura 4.16).

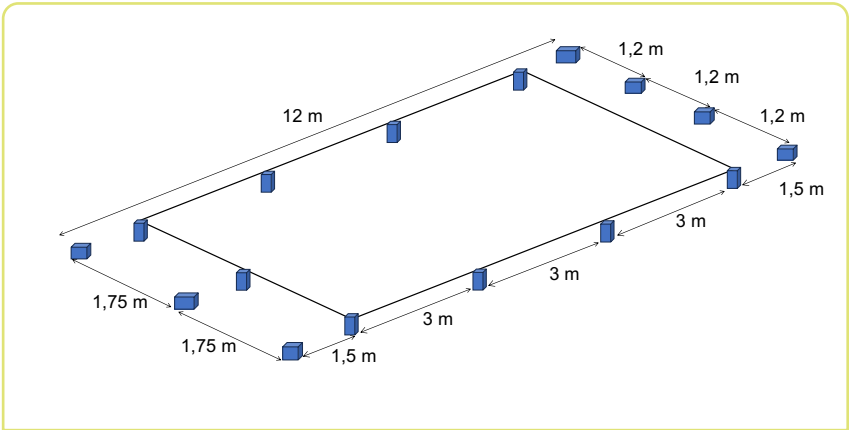


Figura 4.14. Plano y distribución de las bases en el terreno.

Fuente: Elaboración propia

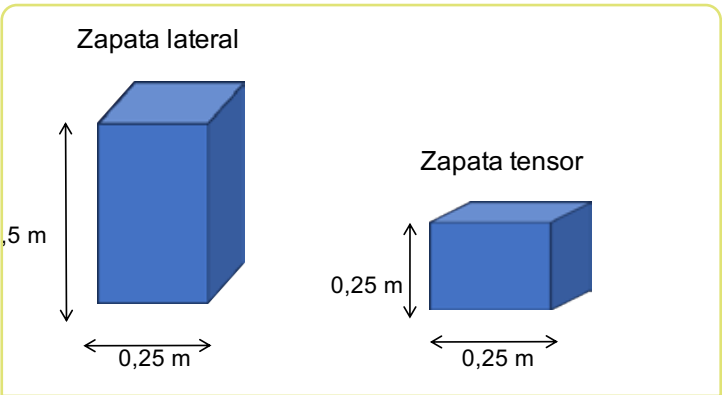


Figura 4.15. Medidas de las zapatas lateral y tensor.

Fuente: Elaboración propia

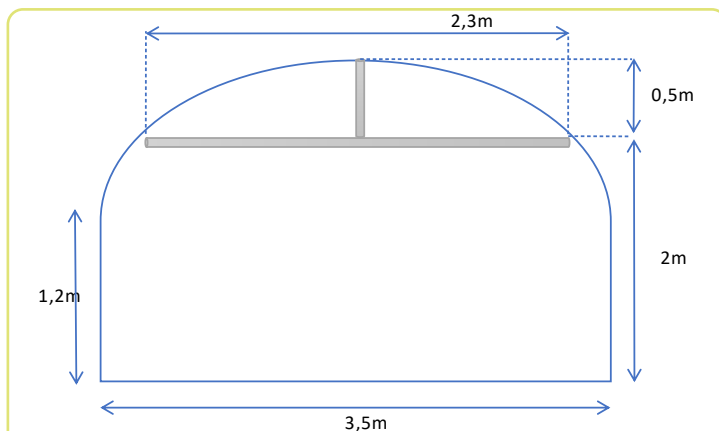


Figura 4.16. Vista frontal de estructura del túnel.

Fuente: Luis Giovanni Montejo

Se procede a marcar con estacas donde va a quedar cada arco (cada 3 m), se realizan los respectivos hoyos para las bases de los arcos y se procede a fundir dejando a nivel cada poste del mismo arco y una leve inclinación hacia donde la pendiente del terreno lo indique (figura 4.17). También se funde un área en la entrada para la desinfección del calzado.

En los dos lados del túnel se procede a cavar los hoyos para colocar los tensores que soportarán las guayas, según la figura 4.17. Los ganchos tensores se hacen con varilla corrugada de $\frac{1}{2}$ " y se funden (figura 4.18).

Las bases metálicas son fundidas según la distribución en el plano, y deben ser alineadas y niveladas (figura 4.19).

Pasados tres días, el concreto de las bases debe estar duro, se procede a instalar los arcos previamente construidos en una dobladora, que se sujetan con los tornillos de $3" \times \frac{1}{2}"$. En cada arco, con un taladro se perforan huecos para pasar las guayas y dar soporte a la estructura. Para ello, se sujetan lado a lado con un sistema de tensores. Luego de tener la guaya entrelazada en la estructura se procede con el tensado. En el momento del tensado hay que tener en cuenta

que la guaya tenga la suficiente tensión pero que no alcance a realizar cambios en la estructura original, estas guayas van de tres tipos: la de soporte a la estructura; las de soporte a plástico, malla o polisombra; y las guayas de tensión, que son las que van en las estructuras laterales y ejercen su máxima tensión hacia el suelo y llegan al sistema de anclaje (figura 4.20).

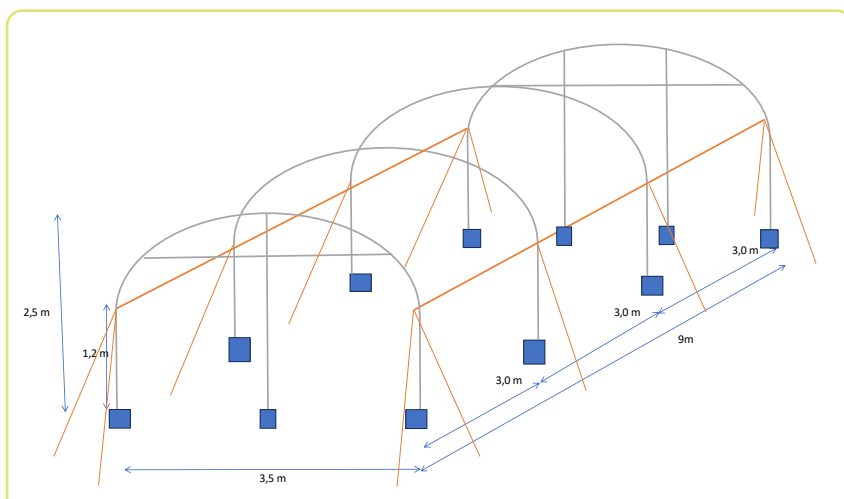


Figura 4.17. Plano y dimensiones del túnel.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4.18. Tensor para la estructura del túnel en tubo galvanizado.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.19. Bases, tensores y área de desinfección fundidos.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.20. Instalación de arcos y tendido de guayas.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Instalación de la cobertura del túnel

Como primera medida, se debe instalar la malla antiáfidos (figura 4.21). Luego, se instala el plástico calibre 8 de 6×12 m, que es un plástico con alta resistencia a los agroquímicos, tiene filtro UV y permite el control de la humedad, pues evita la entrada de la lluvia (figura 4.22). Se recomienda considerar las condiciones de termicidad, transmisión y difusión de luz expuesta por los proveedores, ya que permite conservar la temperatura en el interior del túnel por mucho más tiempo y, de esta manera, incrementa la luz difusa, lo que favorece el desarrollo y la producción de cultivos. Finalmente, se debe revisar muy bien la unión del plástico con la malla antitrips (figura 4.23).



Figura 4.21. Instalación de la malla antitrips.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.22. Instalación del plástico.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez



Figura 4.23. Retoques en la unión de la malla con el plástico.

Foto: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Instalación del sistema de riego

En cuanto a la instalación del sistema de riego, ya que este cuenta con una electrobomba de 1 hp, se debe realizar una red eléctrica para alimentarla, con sus respectivas conexiones y, por seguridad del sistema, con una caja de dos *breakers* de 20 A cada uno.

Asimismo, se procede a instalar un tanque plástico de 2.000 L y su fuente de alimentación de agua, junto con los accesorios de entrada y salida, el flotador, entre otros elementos requeridos; luego, se realiza la instalación del motor junto a un filtro de anillos, teniendo en cuenta la facilidad para retirar el motor.

Posteriormente, se instala el sistema de microaspersión, que constará de tres líneas (una encima de cada cama), teniendo la precaución de realizar conexiones individuales por cada línea y de contar con un sistema para su respectivo lavado (figura 4.24).

Se recomienda la instalación previa de las mesas, como se indicó para la opción en tubos pvc.



Figura 4.24. Instalación de tres líneas de microaspersión y del tapón de lavado. a. Detalle de las tres líneas; b. Distribución general; c. Tapón de lavado.

Fotos: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez