Capítulo 3.

Túnel de propagación: materiales de construcción y diseño

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

Diseño de túnel en tubería PVC

La estructura del túnel requiere materiales resistentes, livianos y durables, de fácil acceso en la región (para cambios, ajustes y reparaciones). Por esta razón, su diseño parte de una armazón en tubos de PVC, unidos entre sí con amarras plásticas, los cuales forman una estructura semicircular, que favorece la estabilidad. La parte superior se recubre con plástico para permitir el paso de la luz y controlar la humedad y la temperatura, y prevenir excesos de agua durante el periodo de lluvias. Además, en los laterales o partes bajas se instala una malla antitrips para controlar el ingreso de insectos en el área de propagación. La malla antiinsectos permite un intercambio de aire ambiental fresco; esto ofrece las condiciones propicias para incentivar una mayor brotación y desarrollo de los brotes de yuca. Esta estructura cuenta con un ancho de 3,5 m, una altura de 2,8 m y una longitud variable; en el túnel instalado en el C. I. Turipaná es de 10,5 m.

La estructura general del túnel consiste en una estructura de cúpula semicircular hecha con tubería de PVC, la cual se cubre con plástico de invernadero. Esta estructura permite mantener las condiciones internas de alta temperatura y

alta humedad necesarias para acelerar e iniciar la brotación de las yemas de las miniestacas. Dentro del túnel, en el centro, se ubica una cama alta cuyo sustrato es arena gruesa; allí se siembran las miniestacas de 2-3 yemas. En las paredes internas del túnel, a lado y lado se establecen dos mesas planas, donde se da el enraizamiento de los esquejes puestos en bandejas de 40 alvéolos. Y entre las mesas planas y la central están los pasillos internos para el tránsito y movimiento de los materiales. El piso es de gravilla gruesa para evitar el encharcamiento y facilitar el control de arvenses

Los materiales requeridos para la base de la estructura son, arena, cemento y grava, en las cantidades que se detallan en la tabla 3.1.

Figura 3.1. Túnel de multiplicación. a. Vista exterior; b. Vista interior.
Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Jorge Luis García Herazo

Tabla 3.1. Materiales requeridos para la base de la estructura del túnel

Material	Unidad	Cantidad
Arena	m^3	3
Grava de ¾"	m^3	3
Cemento	Bulto de 50 kg	10

Fuente: Elaboración propia

Para la estructura semicircular, se usan tubos PVC, amarres plásticos, uniones de PVC, entre otros materiales que se detallan a continuación (tabla 3.2).

Tabla 3.2. Materiales requeridos para la construcción del túnel

Material	Unidad	Cantidad
Tubo galvanizado de 1" × 6 m	Unidad	4
Tubo galvanizado de ¾" × 6 m	Unidad	11
Tubo PVC de 1" × 6 m	Unidad	23
Tubo PVC de ¾" × 6 m	Unidad	22
Codo PVC de ¾"	Unidad	13
Codo PVC de 1"	Unidad	4
Tee PVC de 1"	Unidad	4
Limpiador de tubo PVC	Unidad	1
Tarro de pegante de PVC de ⅛	Unidad	1
Tubo de desagüe de 3" × 1 m	m	1
Plástico para invernadero calibre 8 × 7 m ancho	m	15
Malla antiáfidos × 3 m de ancho	m	30
Correa de amarre de 120 lb de presión × 550 mm de longitud × 7,8 mm de ancho	Bolsa × 100	10

Correa de amarre para cable de 4,8 mm × 19 cm	Bolsa × 100	10
Bisagras de 3" × 1,5"	Unidad	3
Brocas para metal de 5/32"	Unidad	5
Manguera para nivel de 3 mm	m	15
Nivel de mano pequeño	Unidad	2
Tornillos autoperforantes de cabeza grande de ½"	Unidad	100
Portacandado cromado redondo de 3 "	Unidad	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

La cama central puede construirse con diferentes materiales, cuya escogencia depende de la facilidad de acceso al material y de los fondos con que se cuente. El CIAT, por ejemplo, ha construido túneles con guadua, esterilla, madera inmunizada, bloquelones de cemento, mesa metálica, lona para carros y madera plástica. Cada opción tiene ventajas y desventajas. Para la costa Caribe se optó por madera plástica, que aunque tiene una mayor duración, es más costosa, y además se debe tener en cuenta en el diseño que los soportes o bases de la mesa queden cerca para prevenir que las tablas de la mesa se flejen.

Tabla 3.3. Materiales requeridos para la instalación de las mesas

Material	Unidad	Cantidad
Madera plástica de 12 cm de ancho × 3 m de largo (3 cm de grosor)	Tabla	72
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 60 cm de longitud	Trozo	38
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 1,20 m de longitud	Trozo	32
Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 1 m de longitud	Trozo	92

Madera plástica de 8 cm × 8 cm de espesor × 0,80 m	Trozo	32
Arena gruesa de río	m^3	2
Malla de geotextil	m	15
Broca para madera de ½"	Unidad	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

Para la construcción, se recomienda tener disponibles los siguientes equipos y sus accesorios, con el fin de realizar todas las labores de manera ágil (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del túnel de multiplicación

Material	Unidad	Cantidad
Taladro inalámbrico de ½"	Unidad	1
Pulidora para uso manual con su respectivo disco para corte de metal	Unidad	1
Cortafrío	Unidad	1
Remachadora	Unidad	1
Remaches de 5/32"	Unidad	60
Flexómetro por 10 m	Unidad	1
Bisturí	Unidad	1
Hojas para bisturí	Caja	1
Tijera cortadora de tubo PVC	Unidad	1
Machuelos por 3 unidades M4 × 0,7	Juego/set	1
Tornillo para madera de 2" *drywall*	Bolsa × 100	2
Tornillo para madera de 2½" *drywall*	Bolsa × 100	2

Fuente: Carlos Dorado Valencia

Para el sistema de riego dentro del túnel, a través del sistema de nebulización, se requieren los siguientes materiales (tabla 3.5).

Tabla 3.5. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del sistema de riego

Material	Unidad	Cantidad
Conectores de doble espigo roscado para microtubo de 4 mm	Unidad	33
Llave de paso de ½"	Unidad	6
Microtubo de 4 mm	m	33
Fogger (nebulizador) de cuatro salidas con lastre y válvula antidrenaje	Unidad	33
Tubos PVC con presión de 1"	Unidad	2
Tubos PVC con presión de ½"	Unidad	5
Buje reductor de 1" × ½"	Unidad	3
Tee PVC con presión de 1"	Unidad	3
Unión PVC con presión de ½"	Unidad	2
Unión PVC con presión de 1"	Unidad	2
Válvula de paso lisa de PVC con presión de ½"	Unidad	6
Codo PVC con presión de ½"	Unidad	4
Codo PVC con presión de 1"	Unidad	3
Válvula de paso lisa de PVC con presión de 1"	Unidad	2

Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de riego por nebulización dentro del túnel, es necesario tener un reservorio o tanque plástico que permita crear una reserva propia; sin embargo, la estimación de los materiales y accesorios requeridos para el reservorio depende de la fuente de agua (que puede ser de flujo constante o tipo reservorio, siempre que se garantice la calidad del agua para riego) y de la distancia entre esta y el módulo donde va a estar instalado el túnel. También se debe tener en cuenta la altura requerida para incrementar la presión, pues de estas condiciones pedenden los costos y la elección de la zona de instalación. Así, la estimación de los materiales de captación, bombeo, conducción y distribución del agua para el sistema de riego debe ser realizada en una visita previa al lugar de instalación. La tabla 3.6 muestra, en general, los materiales y accesorios tanto hidráulicos como eléctricos requeridos.

Tabla 3.6. Materiales y accesorios requeridos para la captación, bombeo, conducción y distribución del agua

Material	Unidad	Cantidad
Tanque con capacidad volumétrica de 2.000 L	Unidad	1
Boya para tanque elevado	Unidad	1
Filtro de disco sencillo con rosca macho de 1" y 120 mesh	Unidad	1
Adaptador hembra de PVC con presión de 1"	Unidad	4
Adaptador macho de PVC con presión de 1"	Unidad	4
Unión universal de PVC con presión de 1"	Unidad	4
Silicona transparente	Tubo	1
Teflón industrial	Rollo	4
Alambre eléctrico de cobre n.º 10 de dos colores	m	Estimado
Breaker de 20 amperios	Unidad	2
Cinta aislante eléctrica	Rollo	1

Electrobomba de presión de 1 hp con salida y entrada de 1"	Unidad	1
Caja de *breaker*	Unidad	1
Tubo PVC de 1"	Unidad	Estimado
Codo PVC de 1"	Unidad	Estimado
Tubo y codo de color verde para instalación eléctrica	Unidad	Estimado

Fuente: Leonardo Andrés López Rebolledo y Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

Diseño de túnel en tubo galvanizado

Otro modelo es el túnel construido con tubería galvanizada #14. Con este tipo de tubería, la infraestructura gana solidez y resistencia a los embates del viento en esta zona del territorio colombiano.

Figura 3.2. Túnel de multiplicación en tubo galvanizado. a. Vista frontal; b. Vista posterior.

Fotos: Luis Giovanni Mauricio Montejo Núñez

La base del túnel galvanizado requiere de menos insumos (tabla 3.7).

Tabla 3.7. Materiales requeridos para la base de la estructura del túnel galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Arena para pegar el ladrillo	m^3	2
Grava de ¾"	m^3	0,5
Cemento	Bulto de 50 kg	0,5

Fuente: Elaboración propia

El túnel en tubo galvanizado requiere de insumos como arcos metálicos, guayas, varillas, etc. (tabla 3.8).

Tabla 3.8. Materiales requeridos para la instalación de la estructura semicircular en tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Arco metálico de tubo calibre 14 reforzado con varilla de ½"	Unidad	2
Arco metálico de 3,5 m de diámetro de tubo calibre 14	Unidad	2
Plástico calibre 8 × 6 m	m	15
Malla antitrips × 4 m	m	30
Guaya acerada de 1/8"	m	600
Policien de 4 mm	m	100
Perros para guaya de 1/8"	Unidad	50
Varilla de ½" corrugada × 6 m	Unidad	4
Tornillos de 3" × ½"	Unidad	18
Tubo base arco calibre 14 con varilla	Unidad	8
Puerta de tubo calibre 14 de 1" metálico	Unidad	1
Tubos metálicos de calibre 14 de 1"	m	12

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de las camas en el túnel de tubo galvanizado, se utilizan los siguientes materiales (tabla 3.9).

Tabla 3.9. Materiales requeridos para la instalación de las camas de brotación

Material	Unidad	Cantidad
Bandejas de germinación	Unidad	60
Cascarilla de arroz	Paca	2
Abrazaderas extralargas	Unidad	300
Abrazaderas largas blancas	Unidad	400
Tornillos golosos de 2"	Unidad	250
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 1 m	Unidad	38
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 0,6 m	Unidad	20
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 1,2 m	Unidad	16
Poste de madera plástica de 0,8 m × 0,8 m × 0,8 m	Unidad	26
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 3 m	Unidad	50
Tabla de 0,10 m × 0,3 m × 3 m	Unidad	2
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 2 m	Unidad	12
Tabla de 0,12 m × 0,3 m × 1 m	Unidad	6

Fuente: Elaboración propia

El listado de accesorios requeridos para la construcción del túnel de tubo galvanizado es el siguiente (tabla 3.10).

Tabla 3.10. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del túnel de multiplicación de tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Taladro de ½"	Unidad	1
Pulidora con su respectivo disco para corte de metal	Unidad	1
Cortafrío	Unidad	1
Alicate	Unidad	1
Voltímetro	Unidad	1
Flexómetro × 10 m	Unidad	1
Bisturí	Unidad	1
Hojas para bisturí	Caja	1
Hojas para cegueta	Unidad	2
Marco para cegueta	Unidad	1
Juego de llaves	Juego/set	1
Juego de destornilladores	Unidad	1
Ahoyador de motor	Unidad	1
Malacate de 5 t	Unidad	1
Juego de llaves fijas	Juego	1
Tijera de modistería	Unidad	1
Llave de tubo	Unidad	2
Ahoyador manual	Unidad	1
Palín	Unidad	2
Brocas	Unidad	5
Palustre	Unidad	1
Nivel de mano	Unidad	2
Nivel de manguera	m	20

Fuente: Elaboración propia

El sistema de riego requiere la siguiente lista de insumos tanto para el sistema de nebulización como para la gestión previa del recurso hídrico (tabla 3.11).

Tabla 3.11. Equipos y accesorios requeridos para la instalación del sistema de riego por microaspersión en el túnel de tubo galvanizado

Material	Unidad	Cantidad
Manguera de 1"	m	50
Motobomba de 1 hp	Unidad	1
Manguera de ½"	m	50
Microtubo	m	15
Microaspersores de 6 mm	Unidad	40
Púa de 6 mm	Unidad	40
Tanque de 2.000 L	Unidad	1
Filtro de anillos de 1"	Unidad	1
Flotador de 1"	Unidad	1
Kit de entrada de tanque	Unidad	2
Adaptador hembra de 2"	Unidad	6
Válvula de paso	Unidad	10
Inserto de manguera de PVC de 1"	Unidad	12
Válvula de paso de ½"	Unidad	5
Tee de 1"	Unidad	8
Codo de 1" de PVC	Unidad	5
Tubo PVC de 1"	m	12
Tubo PCV de ½"	m	4
Universal de 1"	Unidad	4
Adaptadores macho de 1"	Unidad	6
Adaptadores macho de ½"	Unidad	5
Inserto de manguera de PVC de ½"	Unidad	8
Codo de ½"	Unidad	2

Material	Unidad	Cantidad
Cable eléctrico	m	200
Abrazadera metálica de 1"	Unidad	15
Abrazadera metálica de ½"	Unidad	10
Reducción de 1" a ½"	Unidad	10
Tapón roscado de ½"	Unidad	6
Tapón roscado de 1"	Unidad	4
Caja para dos *breakers*	Unidad	1
Breakers de 20 A	Unidad	2
Bomba de espalda	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para garantizar el funcionamiento del túnel, se requieren materiales para corte, desinfección y manipulación del material vegetal (tabla 3.12).

Tabla 3.12. Materiales requeridos para la operación y producción del material vegetal en el túnel de multiplicación

Material	Unidad	Cantidad
Bandejas de 50 alveolos	Unidad	100
Sustrato (mezcla de suelo arenoso, cascarilla de arroz y materia orgánica) solarizado, en proporción 3:1:2	m^3	5
Tijeras podadoras	Unidad	3

Fuente: Elaboración propia

Al final de este manual (anexo 1) se detallan unas cotizaciones de los materiales requeridos para instalación de los túneles.