

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA  
PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO -  
AYACUCHO A 2760 M.S.N.M.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
YELSON YON QUISPE CHAVEZ**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2016**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Jesús y Teresa, a mis hermanos, y a todos los que me apoyaron durante la ejecución de la tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga alma mater de la educación universitaria ayacuchana.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por acogerme durante mi permanencia de estudios universitarios.
- Al Ing. Federico Quicaño Suarez asesor del presente trabajo por su apoyo constante e impulso para la culminación de la tesis.
- A mis padres quienes me impulsaron al estudio constante y a la superación personal y a todos mis amigos que de una u otra manera han colaborado en forma desinteresada a la realización del presente trabajo de investigación.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO.....	iii
indice de Tablas.....	v
indice de figuras.....	vi
ANEXO.....	viii
ANEXO I DISEÑO DE INVERNADERO CON ADOBE.....	viii
ANEXO II: DISEÑO DE INVERNADERO CON ROLLIZO.....	viii
RESUMEN.....	ix
introduccion.....	1
I REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1    generalidades.....	3
1.2    PARÁMETROS CLIMÁTICOS.....	4
1.3    TRANSFERENCIA DE CALOR EN INVERNADEROS.....	37
1.4    CONSTRUCCION DE INVERNADEROS.....	41
1.5    TIPOS DE INVERNADEROS.....	50
1.6    TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS SOBRE EL TEMA.....	59
II MATERIALES Y METODOS.....	63
2.1    UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	63
2.2    ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	63
2.3    ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO.....	63
2.4    CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	64
2.5    MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO CON ESTRUCTURA DE MADERA Y CUBIERTA DE POLIETILENO.....	67
2.6    DISEÑO ARQUITECTONICO.....	71
2.7    PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE INVERNADEROS.....	72
III. RESULTADOS.....	82

3.1	Modelo de diseño de Invernadero sostenible para la producción de hortalizas en Pampa del Arco Ayacucho a 2760 m.s.n.m. ....	82
3.2	Diseño de Invernadero con adobe .....	83
3.3	Diseño de invernadero con rollizos .....	85
3.4	determinacion de la factibilidad economica(van ytir) .....	87
IV.	DISCUSIÓN .....	90
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	94
5.1	Conclusiones .....	94
5.2	Recomendaciones .....	95
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>96</b>
	<b>anexos .....</b>	<b>98</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° I.1:Tipos de radiación .....	6
Tabla N° II.1:Características físicas y químicas del suelo donde se instaló el experimento Pampa del Arco-UNSCH, 2760 msnm.....	64
Tabla N° II.2:Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico Año 2009, de la Estación Meteorológica Pampa del Arco- Ayacucho. ....	65
Tabla N° III.1: Ingreso Neto Incremental a precio de mercado (Alt. I).....	88
Tabla N° III.2: Ingreso Neto Incremental a precio de mercado (Alt. II).....	88
Tabla N° III.3: Ingreso Neto Incremental a precio de mercado (Alt. II).....	89
Tabla N° III.4: Ingreso Neto Incremental a precio de mercado (Alt. I).....	89

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° I.1: Transformación y degradación de la luz en el invernadero.....	7
Figura N° I.2: Comportamiento de la radiación.....	9
Figura N° I.3: Ventilación cenital en un invernadero de cubierta semicircular.....	10
Figura N° I.4: Posición del sol según la época del año.....	11
Figura N° I.5: Incidencia de la radiación solar en invierno sobre la cubierta de un invernadero con cubierta inclinada asimétrica.....	14
Figura N° I.6: Invernadero de cubierta inclinada asimétrica.....	15
Figura N° I.7: Invernadero de cubierta semicircular.....	17
Figura N° I.8: Colocación paralela a la cubierta del invernadero.....	25
Figura N° I.9: Colocación plana.....	26
Figura N° I.10: Colocación de un doble techo.....	27
Figura N° I.11: Generador de aire caliente.....	28
Figura N° I.12: Ventilación cenital.....	29
Figura N° I.13: Ventilación cenital estructura.....	30
Figura N° I.14: Malla de sombreado móvil.....	31
Figura N° I.15: Coolin system.....	32
Figura N° I.16: Esquema del flujo de calor por conducción a través de una varilla cilíndrica muy larga.....	38
Figura N° I.17: Esquema del flujo de calor por conducción a través de un volumen de control.....	39
Figura N° I.18: Esquema del flujo de calor por convección entre una superficie y un flujo en movimiento, la línea punteada delimita la capa límite hidrodinámica.....	40
Figura N° I.19: Invernadero tipo túnel.....	44
Figura N° I.20: Invernadero tipo capilla a dos aguas en su variante sin claraboya.....	44
Figura N° I.21: Invernadero tipo capilla a dos aguas en su variante con claraboya.....	41

Figura N° I.22: Esquema frontal de un invernad. tipo parral en sección .....	54
Figura N° I.23: Esquema en planta de un invernadero tipo parronal .....	54
Figura N° I.24: Cimentación de columnas .....	55
Figura N° I.25: Vista en planta de la cimentación .....	56
Figura N° II.1: Diagrama Ombrotermico: T° vs Pp y balance hídrico.....	66
Figura N° II.2: Trazo y replanteo .....	73
Figura N° II.3: Colocación de columnas de madera .....	74
Figura N° II.4: Colocación de vigas laterales, cargueros y cumbrero .....	75
Figura N° II.5: Ubicación de postes en el inventario .....	76
Figura N° II.6: Instalación del sistema de riego por goteo .....	77
Figura N° III.1: Orientación del sol, viento y Norte Magnético .....	81

## **ANEXO**

### **ANEXO I DISEÑO DE INVERNADERO CON ADOBE**

ANEXO I.1 DISEÑO DE INGENIERIA

ANEXO I. 2 METRADOS

ANEXO I. 3 PRESUPUESTO

ANEXO I.4 INSUMOS

ANEXO I. 5 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### **ANEXO II: DISEÑO DE INVERNADERO CON ROLLIZO**

ANEXO II. 1 DISEÑO DE INGENIERIA

ANEXO II. 2 METRADOS

ANEXO II. 3 PRESUPUESTO

ANEXO II.4 INSUMOS

ANEXO II. 5 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANEXO II. 6 CALCULOS DE CARGAS VIENTO, GRANIZADAS

### **ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO**

ANEXO III: 1 COSTO DE PRODUCCION DE TOMATE

ANEXO III.2 COSTO DE PRODUCCION DE LECHUGA

### **ANEXO IV: PLANOS**

### **ANEXO V: MATERIALES**

### **ANEXO VI: MANUAL DE USO INVERNADERO**

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en realizar el diseño de un invernadero sostenible para las condiciones de Pampa del Arco, dentro de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; teniendo en cuenta que un invernadero, es un sistema especial destinado a crear un micro clima controlable, crear los niveles térmicos característicos (temperatura y humedad relativa óptima) y hace posible el cultivo de una especie hortícola en zonas donde en condiciones ambientales manejables de acuerdo al requerimiento del cultivo y permiten reducir las necesidades y pérdidas de agua, por evaporación.

El propósito de este trabajo fue ampliar el conocimiento acerca de un diseño de invernadero sostenible para la producción de hortalizas, arquitectónicamente, estructuralmente y Determinar la factibilidad económica, a fin de contribuir al uso racional y eficiente.

Los cálculos de ingeniería se desarrollaron basándose en las normas peruanas como E.010 (Madera), E.020 (Cargas), E.030 (Diseño sismo resistente), E.080 (Adobe) y otros. La información procesada permitió establecer comparaciones entre los valores obtenidos de adobe y rollizos.

Finalmente se hizo una animación pudiendo ahorrar tiempos en presentaciones y etapas del proyecto arquitectónico y permitiendo actualizar automáticamente toda la documentación de manera instantánea, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas, planos, metrados con ArchiCAD.

## **INTRODUCCION**

El uso de invernaderos actualmente se justifica mediante la corriente mundial de calidad en la que estamos viviendo. Los mercados son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias entre este tipo de producto que se presentan en los mercados con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero estén en nichos de alto nivel. La agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales de países, principalmente del Hemisferio Norte, que su principal limitante para la producción es el clima. En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del Perú y del resto del mundo, (Serrano, 2005).

La región Ayacucho mantiene a la fecha un constante avance en la implementación de las diversas tecnologías en invernadero existentes. La introducción de esta tecnología se incrementará conforme las condiciones climáticas lo hagan y las necesidades de su población lo requieran. El presente trabajo de investigación plantea demostrar que la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero en Pampa del Arco es rentable técnica y económicamente.

El objetivo general planteado en la presente tesis es Diseñar un prototipo de invernadero sostenible para la producción de hortalizas en Pampa del arco - Ayacucho.

Los objetivos específicos son:

- Diseñar arquitectónicamente en función a las características climáticas, un invernadero sostenible para la producción de hortalizas en Pampa del Arco - Ayacucho.
- Diseñar estructuralmente los elementos de soporte del invernadero sostenible.
- Determinar la factibilidad económica (VAN y TIR).

## **I REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1 GENERALIDADES**

Matallana, 2014, define el invernadero como una forma de cultivo forzado o protegido como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo se actúa con el acondicionamiento del microclima que rodea la planta; esta protección se logra con el uso de invernadero, el que también engloba todas aquellas técnicas, fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal, etc. los que se traducen en el incremento de la producción, la mejora de la calidad y la precocidad de la cosecha. El mismo autor precisa que el desarrollo en la construcción de invernaderos y la aparición de nuevos diseños coincidió con la difusión y la utilización de los materiales plásticos en los diferentes campos de la agricultura; el uso del polietileno de baja densidad en sus diferentes modalidades y de los materiales plásticos en placas como cobertura en los invernaderos representó un avance en el diseño de nuevos invernaderos con la aparición de las formas curvas y la disminución en el peso de la estructura de sostén con la consiguiente repercusión en el bajo costo del invernadero.

Serrano, 1999, Indica que la eficiencia y funcionalidad son las dos características principales que deben tener los invernaderos. Por eficiencia se entiende la idoneidad para condicionar alguno de los principales elementos del clima, (en caso nuestro el problema es controlar las bajas temperaturas nocturnas) no de una manera estática o

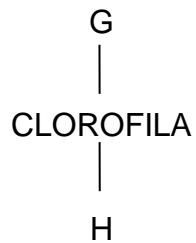
incontrolable, sino entre límites bien determinados de acuerdo con las exigencias fisiológicas de los cultivos. La funcionalidad es el conjunto de requisitos que permiten la mejor utilización del invernadero, tanto desde el punto de vista técnico como económico. Estas dos características requeridas a los invernaderos deberán estar convenientemente armonizados en orden a definir al invernadero como el sistema productivo capaz de obtener cosechas fuera de la época normal en la que aparecen en el mercado; para lograr esta finalidad en los invernaderos es preciso en primer lugar, realizar un análisis de los recursos naturales y humanos disponibles en la zona donde se pretenda construir el invernadero.

Toovy, 2005, Precisa que en el diseño de un invernadero, será necesario considerar las relaciones existentes entre las características constructivas del invernadero proyectado y los elementos del clima. Así por ejemplo, se analizarán la relación entre la luminosidad en el interior del invernadero y la forma, orientación y ubicación del mismo, el balance de energía en las variaciones de temperatura diurna y nocturna; entre el contenido de anhídrido carbónico y la estanqueidad o hermeticidad del invernadero; entre la humedad relativa y la ausencia o presencia de la condensación; etc. Es decir se considerará todo aquello que nos permita diseñar el invernadero en función de las necesidades fisiológicas de la planta.

## **1.2 PARÁMETROS CLIMÁTICOS**

Fernández Et. Al, 2014 Precisa que el proceso fisiológico fundamental en las plantas y su misión más importante es la fotosíntesis, cuya expresión química es la siguiente:

Dióxido de Carbono + Agua + Radiación B Azúcares + Oxígeno



La asimilación de dióxido de carbono se produce a través de las estomas y normalmente va asociado a una pérdida de agua (transpiración).

El objetivo para conseguir la mayor eficiencia posible del proceso, sería “maximizar la asimilación de dióxido de carbono con mínima pérdida de agua”.

Vamos a estudiar los factores ambientales y climáticos que intervienen en la fotosíntesis y en general, en el crecimiento y productividad de las plantas y nuestras posibilidades de influir sobre ellos para conseguir mejor calidad y mayores rendimientos.

Los parámetros climáticos que determinan el desarrollo de los cultivos en sus diferentes fases (germinación, crecimiento, floración, fecundación y maduración del fruto) son:

- Radiación
- Temperatura
- Humedad Relativa
- Dióxido de Carbono

## 1.2.1 RADIACIÓN

### INTRODUCCIÓN, FOTOSÍNTESIS Y RADIACIÓN

La energía necesaria para el desarrollo de las plantas procede de la Radiación Solar.

La radiación va a influir en el proceso de la fotosíntesis de las plantas y por lo tanto en la productividad, precocidad y calidad de la cosecha. Un exceso de luz puede producir una saturación lumínica en la planta llegando incluso a alterar distintos procesos químicos y a producir daños irreversibles en las células; en cambio una deficiencia de luz va a provocar un ahilamiento de las plantas, aborto floral y mala calidad del fruto.

La energía emitida por el sol llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas de distintas características. Para medir las distintas radiaciones que emite el sol se emplea la longitud de onda y las unidades de medida más frecuentes son el nanómetro (nm) y el Angstrom. En función de la longitud de onda la radiación que emite el sol se divide en:

**Tabla N° I.1:** Tipos de Radiación

<b>TIPO DE RADIACION</b>	<b>EFECTO</b>	<b>LONGITUD DE ONDA</b>
ULTRAVIOLETA	QUIMICO	100 300 nm
visible	Luminoso	390 a 760 nm
Infrarroja	Térmico	760 a 2000 nm

Fuente: Fernández et. 2014.



**Figura N° I.1:** Transformación y degradación de la luz en el invernadero

## INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN SOBRE OTROS PROCESOS VEGETALES

- Fotoperiodo

Se entiende por fotoperiodo la influencia que tiene la duración del período de iluminación sobre la floración de algunas plantas. En función de éste consideramos tres grupos:

– **Plantas de día corto:** Florecen a medida que disminuye el período de iluminación o la duración del día. Ejemplo: crisantemo, poinsetia (pascuero).

– **Plantas de día largo:** Florecen a medida que se alarga el período de iluminación o la duración del día. Ejemplo: Gypsophilla paniculata (pillanovios), la mayoría de las plantas silvestres.

– **Plantas indiferentes:** No les afecta la duración del día para florecer. La mayoría de las hortalizas cultivadas son plantas indiferentes, característica ésta que se ha conseguido mediante mejora genética.

Cuando se pretende cultivar alguna especie de día corto o de día largo fuera de su época normal es necesario manipular la duración del período de luz bien con pantallas opacas o bien con luz artificial.

- Fototropismo

Es el fenómeno por el cual las plantas orientan su crecimiento hacia el lugar de donde procede la luz.

Una consecuencia del fototropismo se puede observar en el “ahilamiento” del pimiento durante el verano, cuando nos encontramos en un invernadero excesivamente sombreado (exceso de blanqueo).

La Radiación ultravioleta influye negativamente en el crecimiento normal de las plantas y es la causante del envejecimiento prematuro de los plásticos.

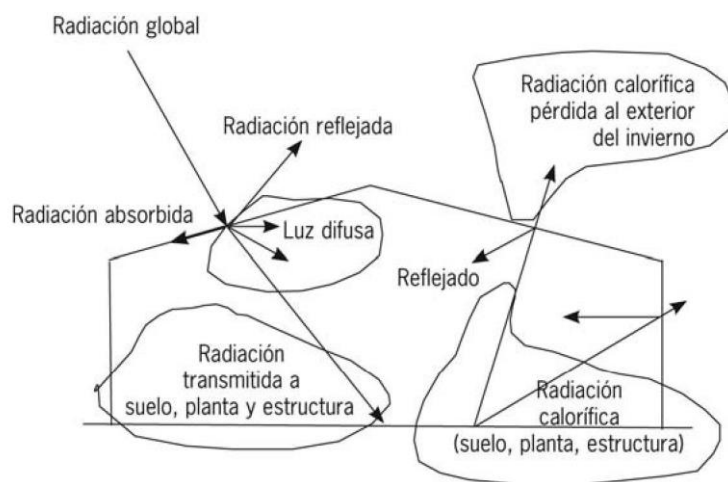
Estas radiaciones son más intensas y degradantes para los plásticos en verano, porque los rayos inciden más perpendiculares y actúan durante más horas al día que en invierno. Por este motivo, a igualdad de calidad del plástico y tipo de estructura, un plástico dura menos en Almería que en otros lugares de menor insolación.

La Radiación visible supone el 50% del total de la radiación solar y gran parte de ésta es la que se utiliza en la fotosíntesis, es la denominada Radiación Fotosintéticamente Activa (radiación Par). Esta radiación comprende distintas longitudes de onda y las más eficientes para fotosíntesis son las que corresponden a los colores azul y rojo-anaranjado.

La Radiación infrarroja es la encargada de calentar el suelo, los materiales de estructura del invernadero y las propias plantas.

No toda la radiación que emite el sol llega a la superficie terrestre, una gran parte es absorbida por las nubes y por la atmósfera y también reflejada y difundida al exterior de la atmósfera.

También en el invernadero se puede establecer un balance de radiación: La luz incidente sobre el material puede ser reflejada, absorbida o transmitida.



**Figura N° I.2:** Comportamiento de la radiación

La repercusión de la falta de luz afecta tanto a la producción como a la calidad de la cosecha.

Algunos estudios reflejan que para determinados cultivos por cada 1% de disminución de radiación puede representar hasta un 1% de disminución del rendimiento.

Con respecto a la calidad, se ha comprobado que tanto pimiento como pepino responden positivamente a incrementos de radiación, ya que aumenta la fotosíntesis, mejorando el tamaño, peso y forma del fruto, caracteres que son fundamentales en la calidad de la cosecha. En

tomate, en condiciones de baja radiación, resulta difícil alcanzar los contenidos mínimos de materia seca en fruto para conseguir un sabor adecuado, afectando igualmente a su coloración, consistencia y tamaño.

## **APARATOS DE MEDIDA Y UNIDADES**

El lux es la unidad de medida que se utiliza para la radiación visible, pero la unidad más correcta, cuando medimos radiación fotosintéticamente activa (PAR), son los micro moles de fotones por m<sup>2</sup> y por segundo ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y los aparatos de medida son respectivamente el Luxómetro y el sensor de par.

En zonas de fuerte insolación, como el litoral andaluz, valores normales de radiación al medio día solar (máxima diaria) pueden ser en un día de invierno 900  $\mu\text{moles}$  y en verano 2.000  $\mu\text{moles}$ . La mayoría de las hortalizas comestibles tienen su óptimo por encima de los 1.000  $\mu\text{moles}$ . Esto significa que en invierno falta bastante luz, pero si a esto añadimos en un invernadero que el plástico sea de segunda campaña y que la cubierta no esté limpia, el problema se agrava, pudiendo quitar hasta un 20% o más de radiación que con un plástico limpio de primera campaña.



**Figura N° I.3:** Ventilación cenital en un invernadero de cubierta semicircular

- Factores no modificables
- Situación geográfica. – Estación del año. – Hora del día.
- Factores modificables
- Orientación y geometría de la cubierta. – Material de cerramiento.

En el interior del invernadero la radiación es el 60 - 80% de la radiación exterior variando según la época del año, geometría de la cubierta, orientación y grado de envejecimiento del material de cubierta. Cuando la cubierta tiene poca pendiente (en los invernaderos tipo parral Almería suele ser menor del 15%), la reducción de radiación es más importante, en proporción, en invierno que en verano (40% y 20% respectivamente) lo que agrava el problema de la luz en invierno.



**Figura N° I.4:** Posición del sol según la época del año

La orientación de la cubierta influye no sólo en la cantidad de radiación interceptada, sino también en la uniformidad de la radiación dentro del invernadero. En un invernadero a dos aguas con eje E-O el lado sur puede recibir alrededor del 70% de la radiación exterior mientras el lado norte recibe alrededor de un 50% en época invernal (un 20% menos). Estas diferencias disminuyen hasta anularse a medida que aumenta la

elevación del sol (finales de primavera). Como consecuencia, el desarrollo de los cultivos es distinto en ambos lados durante el invierno, dificultando el manejo.

### **ORIENTACIÓN Y GEOMETRÍA DE LA CUBIERTA:**

#### ■ Posibilidades:

- Plano.
- Con pendiente (“raspa y amagado”), (multicapilla):
- Simétrico.
- Asimétrico.
- Con cubierta semicircular o parabólica (multitúnel).

### **CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN CADA UNO DE ELLOS:**

#### ■ Invernadero plano

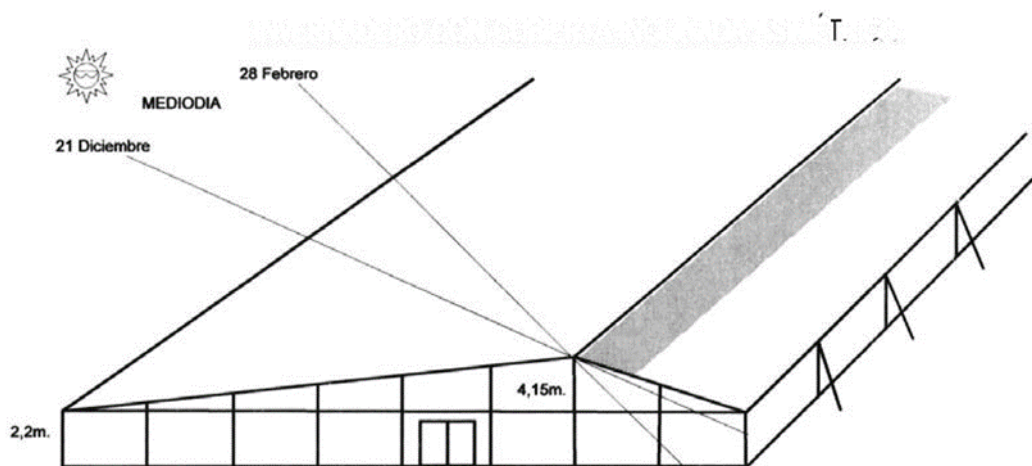
- Menor coste, en comparación con otros diseños.
- Fácil colocación del plástico.
- A igualdad de altura es el que menos resistencia ofrece al viento.
- “Facilita” el lavado de sales por el agua de lluvia, situación que normalmente repercute desfavorablemente para el cultivo que esté ocupándolo en ese momento.
- No presenta problemas la evacuación de las aguas de lluvia porque caen dentro de la propiedad.

- Peligro de encharcamiento en tiempo lluvioso y suelos pesados.
- Alteración del contenido de humedad y sales (C.E.) en el suelo, por tanto, problemas para el cultivo: rajado de frutos, movimiento de frentes salinos, etc.
- Arrastre de Fito parásitos de la cubierta al interior del invernadero.
- Mayor peligro de enfermedades criptogámicas.
- Arrastre por la lluvia de productos fitosanitarios.
- Cuando son muy bajos, problemas para los cultivos de porte alto y diferencias térmicas mucho más acusadas además de importantes problemas para ventilar.
- El balance de radiación de un invernadero plano con respecto a otros con la cubierta inclinada es desfavorable en invierno y va anulándose hacia la primavera. Por tanto, con respecto a la radiación, el invernadero plano es claramente el más desfavorable en la época invernal que es justo la que más nos interesa.
- Técnicamente no existen razones que aporten ventajas comparativas del invernadero plano con respecto a otras alternativas existentes.

#### ■ Invernadero con cubierta inclinada simétrica

- La cantidad de radiación que capta el invernadero aumenta normalmente con la pendiente de la cubierta hasta el máximo teórico de 45° durante el invierno para ir disminuyendo en primavera y prácticamente anularse en verano.

- Pero este factor normalmente está reñido con la oposición que ofrece al viento y por tanto con la resistencia de la estructura, así como con factores de manejo como pueden ser la colocación del plástico por lo que las pendientes que normalmente se utilizan son pequeñas (15%).
- La orientación del eje N-S o E-O determinará fundamentalmente la homogeneidad de la radiación recibida dentro. Los invernaderos con el eje E-O reciben más luminosidad en el lado sur durante el invierno lo que ocasiona diferencias de crecimiento del cultivo y por tanto dificultades en su manejo.
- En los invernaderos con cubierta inclinada y simétrica parece más recomendable la orientación del eje en la dirección N-S.
- A igualdad de altura con respecto al plano, ofrece mejores condiciones de ventilación y por tanto, mejor “control” de temperatura, humedad relativa y CO<sub>2</sub>.



**Figura N° 1.5:** Incidencia de la radiación solar en invierno sobre la cubierta de un invernadero con cubierta inclinada asimétrica

Uno de los objetivos planteados al diseñar este invernadero fue el de conseguir mejorar la transmisión de luz tanto en cantidad como en homogeneidad, sobre todo en los meses comprendidos entre Octubre y Febrero. El diseño de la cubierta consiste en situar el eje en dirección E-O paralelo al recorrido aparente del sol y con el lado sur de mayores dimensiones que el lado norte siendo los ángulos o las pendientes sur y norte calculadas de forma que capte la mayor cantidad de radiación posible incluso en los días más cortos del año. Esto hace que las longitudes que debe tener el lado norte y el lado sur no pueden ser arbitrarias sino que deben guardar unas determinadas relaciones entre sí y con respecto a la altura y dimensiones de cada módulo.

La forma-orientación de la parcela debe permitir racionalmente su diseño. El coste de construcción no debe suponer mayor carestía, ya que puede ser construido con los mismos materiales que otros y tampoco comporta mayor carga de mano de obra.

Las ventajas comparativas son mayores cuando se instala una sola capilla que cuando se van instalando varias, ya que se van produciendo, en este último caso, más zonas de sombra en el interior.



**Figura N° I.6:** Invernadero de cubierta inclinada asimétrica

■ Invernadero prefabricado de cubierta semicircular

- Tiene un nivel técnico que puede considerarse a medio camino entre el abrigo simple y la “fábrica de plantas” holandesa.
- Es buen receptor de la luz.
- Tiene una buena estanqueidad, por lo que permite calentar o fertilizar con CO2 eficazmente.
- Permite una buena automatización en el control climático (apertura y cierre de ventilaciones, colocación de doble techo, etc.).
- Su resistencia al empuje del viento hasta ahora no ha dado resultados del todo satisfactorios.
- La condensación se acumula en las partes superiores del arco donde debido a la escasa pendiente del plástico, el agua no escurre bien por gravedad.
- Hasta ahora sus precios han sido casi prohibitivos (x3 o x4 el precio del parral) aunque en los últimos años la tendencia es a ser bastante competitivos.

Este invernadero supone una evolución importante tanto en el campo de las estructuras como en el de la climatización. Técnicamente es la opción más favorable pero la decisión ha de tener en cuenta si puede o no ser la más rentable, frente a la alternativa de mejorar los invernaderos sencillos con inversiones relativamente modestas.



**Figura N° I.7:** Invernadero de cubierta semicircular

## **MATERIALES DE CERRAMIENTO**

### ■ Posibilidades:

#### • **Rígidos:**

- Vidrio.
- Polimetacrilato.
- Policarbonato.
- PVC.
- Poliester con fibra de vidrio.

- **Flexibles:**

- Polietileno (PE).
- Copolímero etil-acetato de vinilo (EVA).

- **Propiedades a tener en cuenta en los materiales de cubierta**

- **Propiedades ópticas**

- Transmisión de la radiación solar. La transmisión de la radiación a través de la cubierta influye tanto en el balance energético del invernadero como en la actividad fotosintética del cultivo. Se expresa como porcentaje de radiación transmitido con respecto a la exterior.

- Calidad de la radiación transmitida. La radiación recibida directamente desde el sol se denomina radiación directa, la radiación difusa es el resultado de la reflexión y dispersión en la atmósfera y en la cubierta del invernadero. La luz difusa al ser a direccional es mejor aprovechada por las plantas y por tanto más eficiente para la fotosíntesis.

- **Propiedades térmicas**

– **transmitancia.** Expresa la capacidad termoaislante del material, es decir, la capacidad de evitar que la radiación calorífica (infrarroja) se escape durante la noche. Se expresa normalmente como % de calor que deja escapar. Para que un plástico se considere “Térmico” la transmitancia debe ser menor del 20% del calor acumulado durante el día.

- **Propiedades físicas**

- **Peso.** A mayor densidad más resistente habrá de ser la estructura que lo soporte.

- **Espesor.** Influye sobre todo en la transmitancia. Se mide en micras ( $\mu$ ) o en galgas ( $100 \mu = 0,1 \text{ mm} = 400 \text{ galgas}$ ).
- Resistencia a la rotura y a la deformación
- **Duración.** Para un mismo material disminuye cuanto más cálida sea la región donde se instala. En España la norma UNE 53-328-85 regula las características sobre durabilidad que deben tener los PE que se utilizan en la cubierta de invernaderos.
- **Aditivos**

En función de los aditivos que se añaden en la fabricación de las láminas varían las características de los distintos materiales. Algunos de los aditivos más utilizados son:

– **Térmicos.** Permiten mejorar las propiedades termoaislantes del material con lo que se consigue mayor precocidad e incluso evitar inversión térmica.

– **Anti goteo.** Evita que se formen gotas grandes al condensarse el vapor de agua y que haya goteo sobre el cultivo, pero en el mejor de los casos esta propiedad no llega a durar más de una campaña.

– **Larga duración.** Confiere al material menor sensibilidad a las radiaciones ultravioleta por lo que retardan su deterioro y aumentan su durabilidad.

Los materiales rígidos son caros y normalmente se utilizan con estructuras de tipo prefabricado, por lo que en invernaderos sencillos (tipo parral), los materiales de cubierta más utilizados son los de tipo flexible.

– El EVA presenta inconvenientes importantes que no lo hacen apropiado en los invernaderos tipo Almería, como su gran adherencia de partículas

de polvo y su gran dilatación que dificulta la colocación y manejo. Su mejor propiedad es su excelente efecto térmico.

– Los plásticos Tricapa se caracterizan por estar formados por tres láminas lo que permite añadir varios aditivos que no se pueden reunir en un polímero único. Una importante ventaja es su mayor durabilidad, pero no se ha comprobado en qué medida se deterioran las propiedades ópticas del mismo hasta el final de su vida útil.

– Los materiales rígidos (Policarbonato, PVC, etc.) se utilizan fundamentalmente en instalaciones que requieren un mayor control climático, como semilleros, o para cultivos de primor (rosas,...), sus principales ventajas son de tipo térmico y de durabilidad, las de tipo óptico varían mucho con el material. Su principal inconveniente es su precio.

- **Recomendaciones en la colocación del plástico:**

- Evitar la colocación durante las horas de más calor.
- No dejar las bobinas a pleno sol antes de su extensión.
- En invernaderos de estructura metálica proteger la zona de contacto del plástico con la estructura para evitar roturas.
- En verano, retrasar la colocación lo máximo posible.
- Al colocar el plástico no forzar su extendido.
- En caso de realizar desinfección de suelo, es recomendable hacerla antes de la colocación del plástico nuevo, ya que tanto los métodos químicos como los físicos deterioran el plástico.

- **Otras Consideraciones a tener en cuenta en el Manejo de la Luz dentro del invernadero**

- Características de construcción: debe ser ligera para evitar sombreos sobre el cultivo.
- Densidad de plantación: habrá que disminuirla para cultivos en otoño-invierno, pudiendo ser mayor en primavera.
- Utilizar pantallas de sombreo cuando sea posible colocándolas en el exterior de la cubierta.
- Blanqueo: normalmente se utiliza más para controlar temperatura que radiación, aunque éste es su “efecto secundario”. No abusar de los blanqueos ya que las consecuencias, fundamentalmente de ahilado y mala fecundación, pueden ser importantes.
- Tener el plástico limpio durante otoño-invierno: lavar el blanqueo en su momento y el polvo que se acumula en la cubierta.

Hay ejemplos concretos en los que se ha medido la transmisión de radiación en el interior de un invernadero a finales de verano, antes y después de un lavado con manguera a presión, y como consecuencia del polvo acumulado, la radiación transmitida dentro del invernadero pasó a ser del 65% al 79% de la exterior, es decir, la suciedad restaba un 14% de la radiación exterior.

### **1.2.2 TEMPERATURA**

#### **IMPORTANCIA Y NECESIDADES DE LOS CULTIVOS**

Puede considerarse como el factor más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro del invernadero, ya que además de influir en la fotosíntesis lo hace también en la mayoría de los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas.

Para el manejo de la misma, es necesario conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada.

El siguiente cuadro recoge las temperaturas, aproximadas, a considerar para el desarrollo de algunos cultivos. Estas temperaturas nos indican los valores a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y las limitaciones que vamos a tener para su buena marcha.

- Temperatura mínima letal: aquella por debajo de la cual se produce daño en la planta (heladas).
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas: valores por encima, o por debajo, de los cuales no es posible que la planta realice correctamente sus funciones, llegando incluso a detener su crecimiento y desarrollo.
- Temperaturas diurnas y nocturnas: son los valores deseables para un correcto desarrollo de la planta.

La misión principal del invernadero consiste en acumular calor, al menos en épocas invernales, por lo que la temperatura del interior dependerá, fundamentalmente, de la radiación solar que la estructura sea capaz de captar y retener. Esto, implica dos cuestiones importantes, que tendremos que estudiar: la orientación y estructura del invernadero y, por otro lado, el tipo de material a emplear en su cubierta.

En determinadas circunstancias, puede darse el caso de que la temperatura dentro del invernadero sea más baja que en el exterior. Este fenómeno se conoce como inversión térmica y suele ocurrir en noches especialmente frías, despejadas, sin viento y en localizaciones concretas. Se produce porque al bajar la temperatura exterior, el invernadero actúa como foco de calor dejando escapar éste y descendiendo así la temperatura interior por debajo de la exterior, si no hay movimientos de

aire que la “equilibre”. Para amortiguar en lo posible este fenómeno se aconseja utilizar plástico térmico o, si no se dispone de éste, dejar las ventilaciones abiertas en noches que se prevea que pueden darse estas circunstancias.

## **APARATOS DE MEDIDA**

Todas las instalaciones deberían contar con termómetros que permitan conocer cómo se comporta cada invernadero y ayuden a tomar decisiones sobre su manejo.

Los más utilizados son los termómetros de máxima y mínima. Algunos instrumentos permiten recoger gráficamente los datos de varios días, son los termógrafos, y si además de la temperatura registran la humedad relativa se denominan termohigrógrafos.

Existen también termómetros para instalar en el suelo o en el sustrato, con posibilidad de registrar los datos o simplemente de lectura.

## **MANEJO DE LA TEMPERATURA DENTRO DEL INVERNADERO**

A continuación veremos los distintos modos de manejar la temperatura en el interior del invernadero, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Material de cubierta.
- Estructura y orientación del invernadero.
- Sistemas para calentar y mantener la temperatura.
- Sistemas para bajar la temperatura.
- **Material de cubierta**

Hemos visto las características de los materiales de cerramiento más usados, en el apartado anterior correspondiente a radiación. Podemos destacar, en todo caso, que el plástico térmico contribuye a retener mayor cantidad de calor dentro del invernadero lo que traerá consigo, mayor precocidad y menor riesgo de heladas, por lo que puede ser el más recomendable para localizaciones especialmente frías.

- **Estructura y orientación del invernadero**

La temperatura está totalmente relacionada con la radiación captada por el invernadero, por lo que sirven aquí todas las consideraciones que se han recogido en el apartado correspondiente a radiación.

Hay que considerar, además, la importancia de la altura del invernadero sobre el manejo de la temperatura. Un invernadero tendrá mejores condiciones climáticas cuanto mayor sea el volumen de aire por unidad de superficie, ya que su inercia térmica será mayor: se calienta más lentamente y también tarda más en enfriarse. En primavera-verano, también ofrece ventajas al estar el aire más caliente más alejado de las plantas (cubriera).

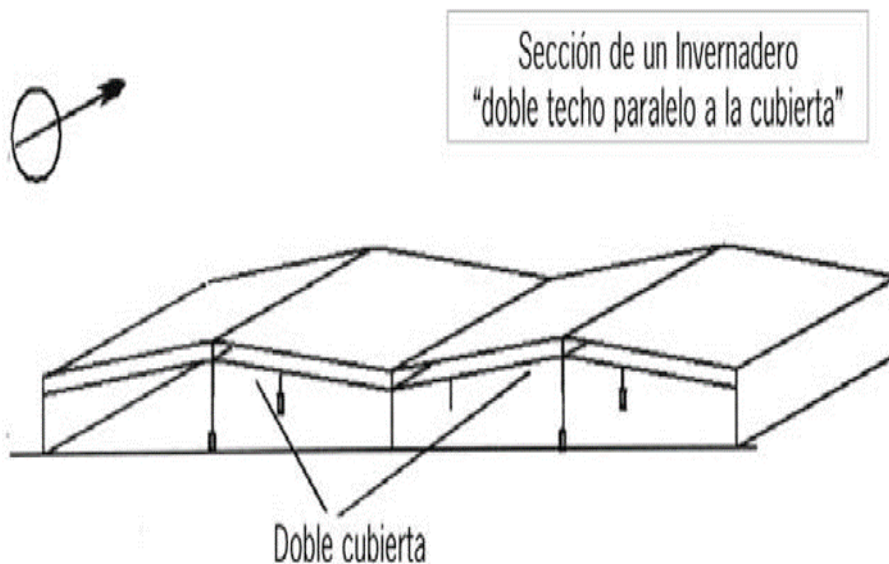
Las alturas están condicionadas por los vientos dominantes y, lógicamente, por el precio.

Actualmente, la mayoría de los invernaderos tienden hacia un mínimo de 3 m de altura en la banda y 4 m en cubriera.

- **Sistemas para calentar y mantener la temperatura**

- Empleo adecuado de los materiales de cubierta.
- Estanqueidad del invernadero, consiguiendo las menores fugas posibles.

- La condensación disminuye la pérdida de calor durante la noche; aunque tiene el inconveniente de disminuir la radiación recogida de día y el goteo sobre las plantas.
- Doble cubierta (doble techo), puede ser de PE de 150 ó 120 galgas o bien de manta térmica (polipropileno). Se pueden conseguir varios °C más de temperatura durante la noche, con el inconveniente de que si son fijas y no se retiran durante el día, disminuye sensiblemente la radiación que llega al cultivo y además el invernadero ventilará peor. Su eficacia dependerá del cultivo, del invernadero y de las temperaturas mínimas que se estén presentando.



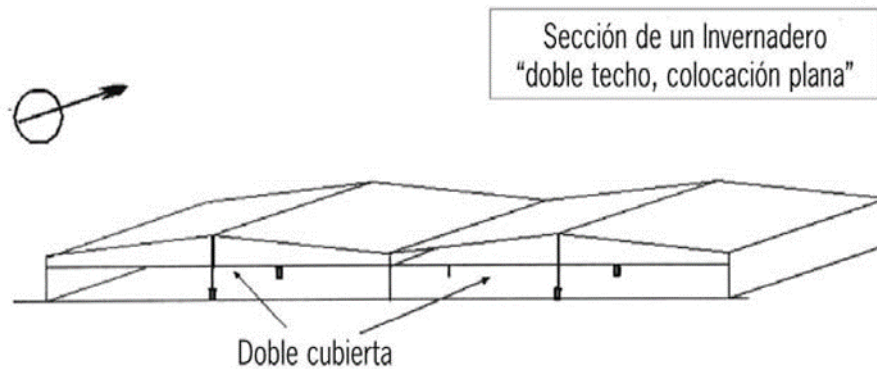
• Ventajas:

- Mayor amplitud.
- Mayor inercia térmica.

• Inconvenientes:

- Poca pendiente.
- Difícil ejecución.

**Figura N° I.8:** Colocación paralela a la cubierta del invernadero



- Ventajas:
  - Fácil colocación.
- Inconvenientes:
  - No escurre el agua, por tanto se forman bolsas y hay más goteo sobre las plantas.
  - Disminuye la luminosidad.

**Figura N° I.9:** Colocación plana

Si está bien colocada la doble cubierta (separada unos 15-25 cm de la superior, con cierta pendiente que facilite que el goteo resbale hacia los canalillos o pasillos y no forme bolsas) se puede conseguir mayor precocidad, evitar el goteo sobre las plantas, evitar heladas e inversión térmica.

El doble techo no son cuatro tiras sueltas, de esta forma no conseguiremos nada y sí tendremos todos los inconvenientes.



**Figura N° I.10:** Colocación de un doble techo

**Tunelillos**, consiste en realizar sobre las líneas de cultivo, recién plantadas, un pequeño túnel formado por unos arcos de cabillas que sirven de soporte a una cubierta de plástico térmico de poco grosor; dicha cubierta se ancla al suelo efectuando un surco por los laterales de los arcos en el cual se entierra el borde del plástico. También pueden realizarse con manta térmica. Se suele realizar en siembras muy tempranas en Diciembre-Enero-Febrero.

**Pantallas térmicas**, reducen la pérdida de calor durante la noche consiguiendo aumentos de temperatura entre 2 y 4°C. Deben ser flexibles y recogerse durante el día. Las mejores son las que están aluminizadas por ambos lados pero son muy caras. Son ideales para ahorrar consumo de calefacción.

Cortinas transversales en los invernaderos en pendiente para evitar que todo el aire frío se acumule en las zonas bajas del invernadero.

Calefacción, es el mejor sistema para mantener o aumentar la temperatura y controlar la humedad relativa. El calor cedido por la calefacción puede ser aportado al invernadero, básicamente, por convección o por conducción; por convección al calentar el aire del invernadero y por conducción si se localiza la distribución del calor a nivel del cultivo, normalmente mediante tuberías que conducen agua caliente.

Actualmente existen pocos invernaderos con calefacción, si exceptuamos los dedicados a plántulas o semilleros en los que es casi imprescindible, y las razones por las que no se ha extendido su utilización son fundamentalmente económicas:

- Se requieren buenas estructuras que eviten fugas de calor.
- Coste de instalación, automatización y funcionamiento.
- Precios inseguros en la comercialización de hortalizas, con grandes fluctuaciones.

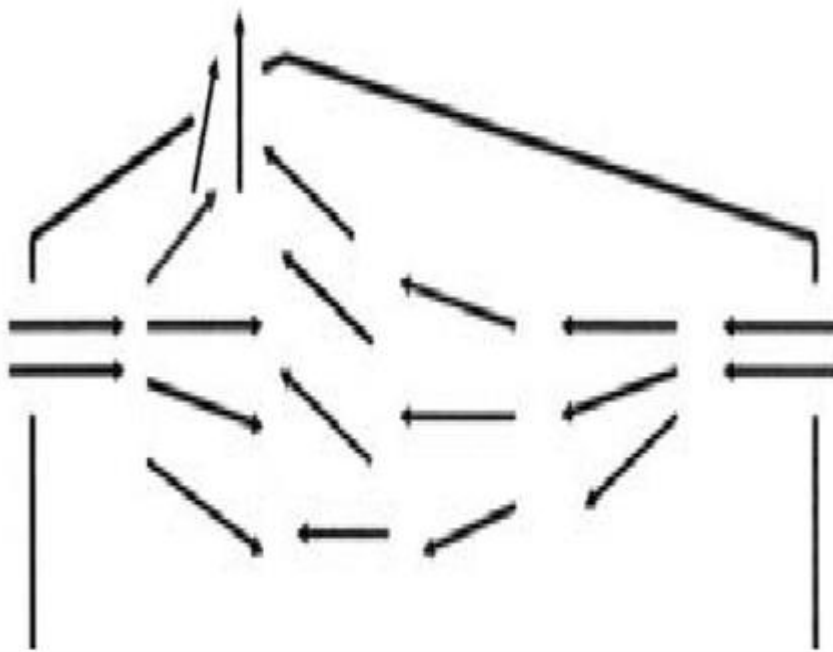


**Figura N° I.11:** Generador de aire caliente

- **Sistemas para bajar la temperatura**

**Ventilación.** Junto con la altura del invernadero, un buen diseño de ventilación son las herramientas más eficaces para el “control” del clima en los invernaderos pasivos. Es necesaria la instalación de ventanas o aperturas cenitales además de las laterales para permitir un eficaz movimiento de las masas de aire.

La superficie dedicada a ventilación debe suponer un 20-30% del total cubierto por plástico, para asegurar un número mínimo de renovaciones por hora incluso aun no habiendo viento.



**Figura N° I.12:** Ventilación cenital



**Figura N° I.13:** Ventilación cenital estructura

Todas las aperturas de ventilación deben estar cubiertas con malla anti-insectos para evitar la mayor transmisión de plagas y enfermedades.

**Sombreo.** Pintando la cubierta del invernadero con “Blanco España” (carbonato cálcico) o mediante mallas de sombreado con distintos índices de transparencia (del 40 al 80%), lo ideal es colocarlas en el exterior del invernadero para conseguir mejor efecto en la reducción de temperatura, ya que el exceso de radiación se convierte en calor dentro del invernadero. El sombreado tiene mucha más influencia sobre el clima del invernadero si la ventilación es escasa.

Si se utiliza “Blanco España”, la dosis suele ser de 60 a 80 Kg. por cada 1.000 l. de agua, gastando 1.500 l/Ha. Conviene añadir 2 Kg. de sal por cada saco de “Blanco España” para poder eliminar mejor el blanqueo del plástico cuando necesitemos más luminosidad de cara al invierno.



**Figura N° I.14:** Malla de sombreo móvil

El cultivo mediante la evapotranspiración, aporta humedad ambiental y sombreo entro el Invernadero.

**Sistemas de humidificación:** Fog system, Cooling system, o microaspersión en el interior o sobre la cubierta del invernadero, basados en aumentar el nivel de humedad para hacer bajar la temperatura.

**El Fog system:** consiste en crear una niebla sobre el cultivo que permite aumentar la humedad relativa del ambiente. Debido al escaso tamaño de las partículas de agua su velocidad de caída es muy pequeña, de modo que permanecen suspendidas en el aire del invernadero el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar los cultivos.

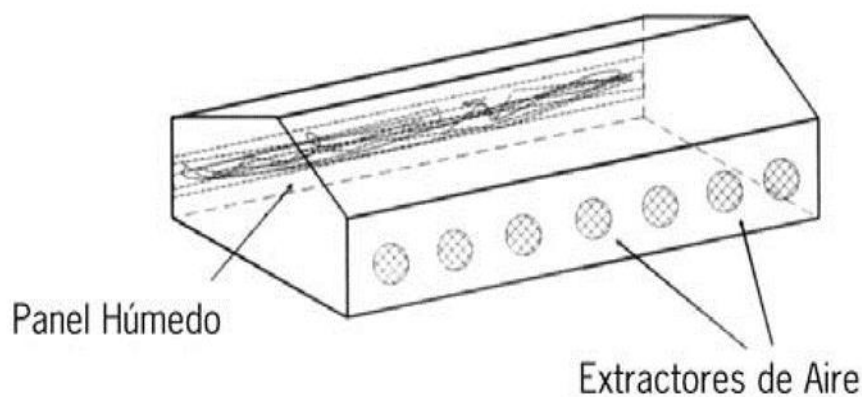
El elemento más delicado de este sistema es la boquilla de nebulización pues de su diseño depende la calidad de la instalación. Las más utilizadas son de dos tipos: de alta presión (40/60 kg. /cm<sup>2</sup>) y baja presión (3/6 kg.

/cm<sup>2</sup>, ultrasónicas o mezclando aire a 6/8 kg. /cm<sup>2</sup> con agua a 3/5 kg. /cm<sup>2</sup>).

**Cooling system:** se trata de una pantalla de material poroso que se satura de agua por medio de un equipo de riego y se sitúa a lo largo de todo un lateral o un frontal del invernadero. En el extremo opuesto se instalan ventiladores eléctricos. El aire exterior entra a través de la pantalla, absorbe humedad y baja su temperatura. Posteriormente, es expulsado por los ventiladores. Es eficaz en naves relativamente estrechas.

La utilización de micro aspersion, no es recomendable en la mayoría de los casos, ya que el agua líquida puede provocar importantes problemas sobre los cultivos.

Cualquiera de estos sistemas requiere que la ventilación esté abierta mientras está funcionando.



**Figura N° I.15:** Cooling system

### 1.2.3 HUMEDAD RELATIVA

Por el término humedad, entendemos la cantidad de agua en forma de vapor que existe en la atmósfera.

La humedad presente en el ambiente de un invernadero procede de la evaporación del agua del terreno y, también, de la transpiración de las plantas en él cultivadas.

A continuación, se verán algunos términos importantes para poder definir la humedad relativa del aire.

#### CONCEPTOS BÁSICOS

**Humedad:** Es la concentración de vapor de agua que existe en el aire en un momento dado.

**Humedad absoluta:** Es la cantidad de vapor de agua, expresada en gramos de vapor por metro cúbico de aire, que existe en un momento determinado.

**Punto de saturación:** Cuando tenemos el aire a una temperatura determinada, se conoce como punto de saturación a la cantidad máxima de vapor de agua que admite el aire a esa temperatura.

En el aire no se retiene la cantidad de vapor de agua que deseemos, existe un límite. Este límite varía al cambiar la temperatura del aire; cuando aumenta la temperatura aumenta la capacidad del aire para contener vapor de agua. Cuando se alcanza este punto, el vapor de agua se condensa y se transforma en agua líquida.

**Humedad relativa:** Es la relación entre la humedad absoluta y la humedad en el punto de saturación; o dicho de otro modo: es la cantidad

de agua contenida en el aire, con respecto a la cantidad máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura.

Este fenómeno se produce cuando se dan unas diferencias de temperatura determinadas según cual sea la humedad ambiental. Dicha condensación se puede producir sobre la estructura, los materiales de cubierta del invernadero o sobre la planta.

El rocío sobre el material de cubierta va a producir un goteo sobre la planta con la consiguiente proliferación de enfermedades. Dicha condensación permite durante la noche una menor fuga de calor, aunque durante el día va a reducir la transmisión de radiación solar al interior del invernadero.

Las dobles cubiertas, creando una cámara de aire, evitan la formación del agua de condensación en el interior del invernadero, con el inconveniente de la pérdida de luminosidad.

Cuando la condensación se produce sobre la planta y frutos, por incrementos rápidos de la temperatura ambiental, puede producir enfermedades fúngicas. Para evitar dicho efecto, la solución pasa por contar con sistemas de calefacción que nos permitan manejar correctamente la temperatura ambiente.

#### **APARATOS DE MEDIDA**

- Higrómetro (puede ir en la base del termómetro).
- Hidrógrafo (permite registrar las lecturas).

## **MANEJO DE LA HUMEDAD RELATIVA DENTRO DEL INVERNADERO**

Es importante para el manejo del clima, conocer cómo se genera la humedad en el interior del invernadero y así poder tomar decisiones para conseguir un aumento o reducción de la misma:

- Evaporación del agua del suelo.
- Transpiración de las plantas.
- Influencia de la humedad ambiental del exterior.
- **Sistemas para aumentar la HR**
  - Humidificación con Fog System, Cooling System, microaspersión.
  - Sombreo para reducir temperatura.
- **Sistemas para reducir la HR**
  - Ventilar el invernadero.
  - Aumentar temperatura con calefacción.
  - Cobertura del suelo con acolchados.

### **1.2.4 DIÓXIDO DE CARBONO**

#### **IMPORTANCIA Y GENERALIDADES**

El carbono es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas. Un 40% de la materia seca de las plantas es carbono. Las plantas obtienen el carbono por las estomas a partir del CO<sub>2</sub> de la atmósfera. El CO<sub>2</sub> es utilizado por las plantas en el proceso de la fotosíntesis:

Co + Agua + Radiación —> Hidratos de carbono + O

El aire está compuesto en su mayor parte por N<sub>2</sub> (77%) y O<sub>2</sub> (21%) el CO<sub>2</sub> supone sólo un 0,03% equivalente a unas 350 - 360 ppm actualmente.

La tasa óptima de fotosíntesis para la mayoría de los cultivos se da entre 600-900 ppm (para algunos 1.200 ppm). En torno a 600 ppm es la concentración que, sin ser a la que se produce la mayor tasa de asimilación, es la que generalmente proporciona los mejores rendimientos económicos cuando se aplica el enriquecimiento carbónico.

En el interior del invernadero la concentración de CO<sub>2</sub> puede ir disminuyendo notablemente durante el día con respecto al exterior, sobre todo en invernaderos poco ventilados y con cultivos de porte alto y puede llegar a ser un factor limitante en el desarrollo de las plantas.

En invernaderos más estancos que los que normalmente se construyen, puede ser rentable aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> hasta el nivel deseado a base de quemar propano, butano, parafinas exentas de azufre, etc, o inyectar el gas puro almacenado en bombonas. No obstante, aunque no se utilice fertilización carbónica, debe de tenderse a igualar el nivel de CO<sub>2</sub> dentro del invernadero con el del exterior, para lo cual es importantísimo una buena ventilación.

Los niveles óptimos de CO<sub>2</sub> van a estar en función de la especie o variedad que estemos cultivando, de la radiación, de la ventilación, temperatura y humedad.

## **MÉTODOS PARA AUMENTAR EL NIVEL DE CO<sub>2</sub> EN LOS INVERNADEROS**

- Aumentar la ventilación.

- Fertilización a partir de combustión de distintos combustibles fósiles e incluso con los gases de combustión de la calefacción.
- Fertilización con gas puro inyectado.

En caso de utilizar fertilización carbónica podemos considerar las siguientes recomendaciones:

- Hay que instalar sensores que permitan la detección del gas para evitar niveles altos.
- Utilizar combustibles que no emitan gases tóxicos como azufre.
- Inyectar el gas sólo durante el día pues durante la noche no hay consumo.
- No inyectar con ventilaciones abiertas, puesto que lo vamos a perder, o bien, reducir los niveles.
- Elegir un sistema de reparto que permita la máxima uniformidad entre el cultivo.

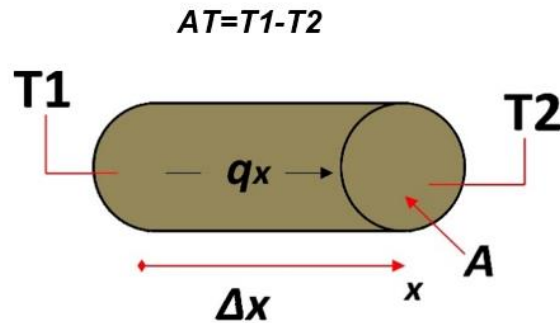
### **1.3 TRANSFERENCIA DE CALOR EN INVERNADEROS**

(Huayhua, 2011); Describe las formas de transferencia de calor que se dan en la naturaleza y en particular al interior de cualquier edificio del siguiente modo:

#### **TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN**

La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas. En gases y líquidos debido a choques intermoleculares; y en sólidos debido a vibraciones moleculares

o movimiento de electrones. El calor transferido por conducción en un sólido se puede de cuantificar a partir del uso de la “Ley de Fourier”. Por ej.: el calor por conducción a través de una varilla cilíndrica muy larga se puede aproximar según lo mostrado en la figura I.16.



**Figura N° I.16:** Esquema del flujo de calor por conducción a través de una varilla cilíndrica muy larga.

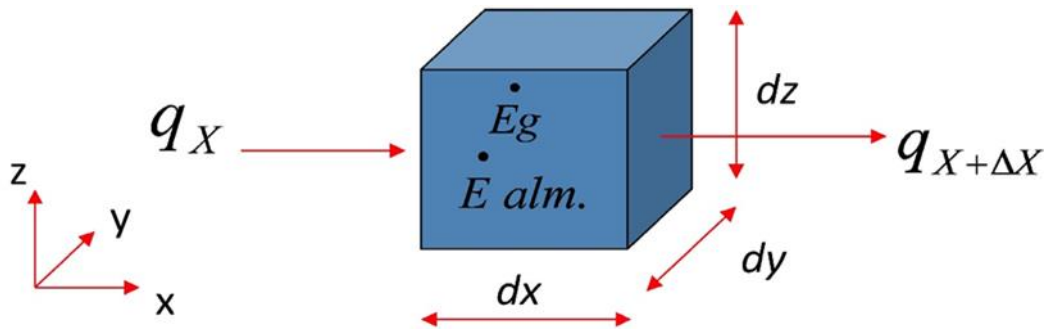
Según la ley de Fourier, el flujo de calor por conducción a través de esta varilla cilíndrica se puede cuantificar a través de la siguiente ecuación.

$$q_x = kA \quad (2.1)$$

Planteando la ecuación 2.1 en forma diferencial se tiene:

$$q''_x \Delta x = -k \Delta T \quad (2.2)$$

Al realizarse el balance de energía para un volumen diferencial de un sólido, la ecuación (2.2) es utilizada para deducir la denominada “ecuación de calor en un sólido”, según se muestra en la figura I.17.



**Figura N° I.17:** Esquema del flujo de calor por conducción a través de un volumen de control.

En este caso se asume que la energía generada es nula. La ecuación obtenida del balance de energía es:

$$2 \cdot d^2T_{pxcP} dT$$

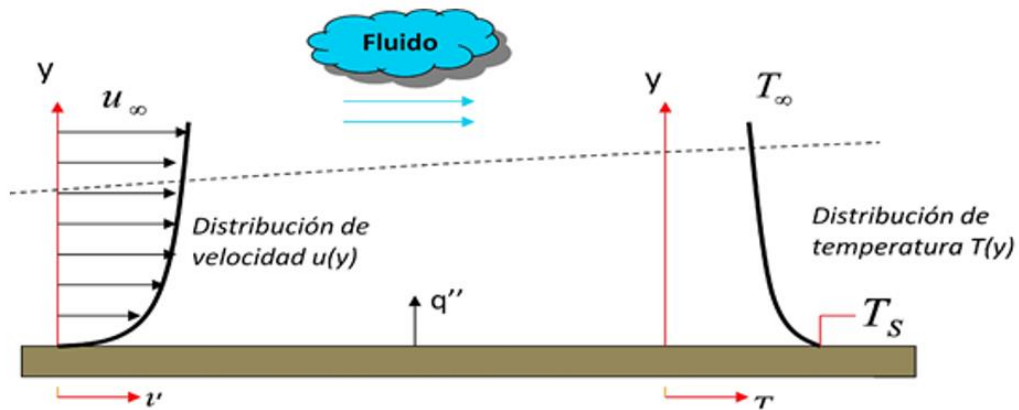
$$tx2 = k^t \quad (2.3)$$

### 1.3.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

La transferencia de calor por convección se da entre un fluido en movimiento y una superficie, y se compone de dos mecanismos. Uno asociado al movimiento molecular aleatorio y el otro asociado al movimiento global o macroscópico del fluido. Este último indica que en cualquier instante grandes números de moléculas se mueven de forma colectiva y, en presencia de un gradiente de temperatura entre fluido y superficie, contribuyen a la transferencia de calor.

Al darse el movimiento de un fluido sobre una superficie, se desarrolla una región en el fluido en la que la velocidad varía desde cero (en la superficie) a un valor finito "u" (asociado al fluido). Esta región se denomina "capa límite hidrodinámica".

$L_y >$  Superficie calentada \* (Y)



**Figura N° I.18:** Esquema del flujo de calor por convección entre una superficie y un fluido en movimiento, la línea punteada delimita la capa límite hidrodinámica.

Sin importar la naturaleza particular del proceso de transferencia de calor por convección, el modelo apropiado está dado por la “ley de enfriamiento de Newton”.

### 1.3.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La radiación térmica es la energía emitida en forma de ondas electromagnéticas por la materia que se encuentra a una temperatura finita. Este modo de transferencia de energía no requiere la presencia de un medio material. El flujo de calor emitido por una superficie real es menor que el de un cuerpo negro a la misma temperatura y está dado por:

$$E = \epsilon \sigma T^4$$

## 1.4 CONSTRUCCION DE INVERNADEROS

### 1.4.1 COBERTURA DE INVERNADEROS:

(Matallana, 2014); clasifica las coberturas para los invernaderos como sigue:

- Láminas rígidas: Poliester estratificado con fibra de vidrio, Policloruro de vinilo rígido (PVC), Polimetacrilato de metilo (plexiglas o vidrio acrílico) y policarbonatos.
- Láminas semirrígidas : polietilentereftalato
- Láminas flexibles: PVC plastificado (armado o sin armar), polietileno normal (armado o sin armar), polietileno de larga duración, polietileno térmico, copolimero EVA.

**Polietileno normal o sin tratar :** Tiene una duración de menos de un año, debido a que la radiación ultravioleta lo degrada fácilmente y a las altas temperaturas registradas en los puntos de contacto con la estructura férrea del invernadero, por lo que termina fatigándose el material y rasgándose. Para solucionar este problema se incorporan sustancias absorbentes de los rayos ultravioleta en la fabricación del filme, por lo que la vida útil del material se alarga ostensiblemente. Para solucionar el recalentamiento, se puede interponer un listoncillo entre el metal y el plástico, como aislante térmico o bien pinturas refractantes.

A diferencia del polietileno normal, el polietileno térmico es casi impermeable a los rayos de onda corta, dejando escapar entre un 15-18%, en comparación al filme normal que deja escapar entre un 60-70%. Por otro lado la difusión de la luz del polietileno normal es de 10-15%, mientras que la del polietileno térmico, alcanza 55%.

Principales ventajas del polietileno frente a otros materiales plástico:

- Buena adaptabilidad a cualquier tipo de estructura
- Gran resistencia al rasgado
- Precio bajo
- Posibilidad de filmes de ancho de hasta 12m
- Buen comportamiento óptico
- Ventajas del polietileno térmico:
  - Gran efecto térmico
  - Buena difusión de la luz
  - Larga duración
  - Excelentes propiedades mecánicas
  - Reducción de inversiones térmicas

#### **1.4.2 MATERIALES UTILIZADOS Y TIPOS DE INVERNADEROS**

(Alvarado. P., Urrutia G. 2000); Precisa que en la actualidad se cuenta con variadas opciones de estructuras, siendo principalmente utilizadas las de madera o metálicas (perfiles y tubos metálicos). Se afirma que si bien las estructuras de madera resultan más económicas que las metálicas, estas últimas tienen la ventaja de resistir una mayor carga y tienen una mayor duración o vida útil, permitiendo además ser desmontables y reutilizables en otra ubicación. En cuanto a la cubierta, el material más utilizado es el polietileno de baja densidad con una durabilidad de una, dos y hasta tres temporadas, según hayan sido o no tratados con aditivos inhibidores del efecto de los rayos ultravioleta. Estos Aditivos otorgan solo

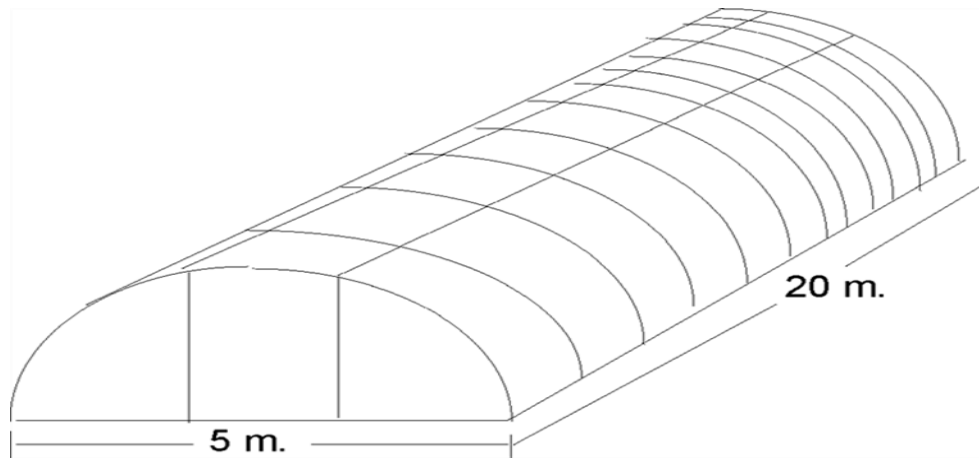
mayor durabilidad, pero en ningún caso le otorga propiedades térmicas, como suele confundirse.

Es frecuente que algunos productores chilenos se quejen de la durabilidad de los plásticos para dos o tres temporadas, y con razón, pero sucede que dichos plásticos han sido fabricados o formulados en países de menor radiación ultravioleta que las condiciones de la zona con invernaderos en Chile y por lo tanto la cantidad de aditivo antiUV es insuficiente. El espesor del polietileno de baja densidad tratado con aditivo antiUV, utilizado mayoritariamente en invernaderos es de 150 a 200 micrones, y el ancho más frecuente de 6 m, aunque existe hasta 8 m de ancho. Cada tipo de polietileno se justifica técnica y económicamente en diferentes situaciones, de acuerdo con la zona y tipo de cultivo.

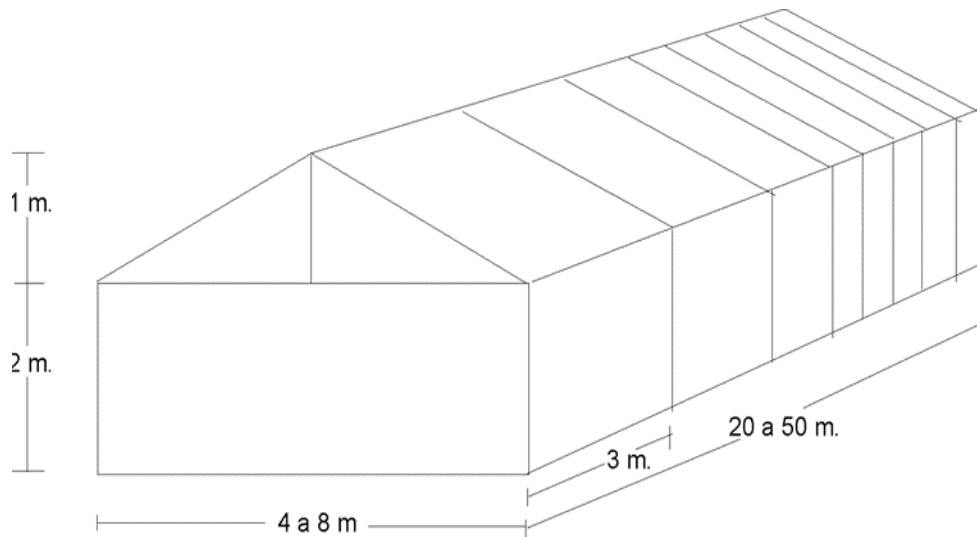
La luminosidad es muy importante para aumentar la fotosíntesis de las plantas y elevar la temperatura del invernadero. Por un lado, el diseño de la construcción, así como el ángulo de la techumbre inciden directamente en la luminosidad interior. Se sabe que la máxima luminosidad se logra en invernaderos circulares (tipo túnel) y la menor en aquellas con techo de pequeña inclinación. El control de la luminosidad dentro de un invernadero puede realizarse a través de empleo de sombreadores, cortinas, o aporte de luz artificial.

La ventilación es fundamental para regular la temperatura y humedad dentro del invernadero. Por lo tanto, las instalaciones deben tener suficiente superficie de ventilación y un mecanismo rápido y cómodo de abertura y cierre. La ventilación se puede realizar en forma natural o forzándola artificialmente, siendo la ventilación natural la más utilizada. En algunos casos se ventila solamente con la entrada de aire por las paredes laterales, mientras que en otros se establece la entrada de aire por los costados y la salida por lucarnas o ventanas cenitales, ubicadas en la techumbre de la construcción (cenit). Este sistema de ventilación, tipo cenital, es el más recomendado.

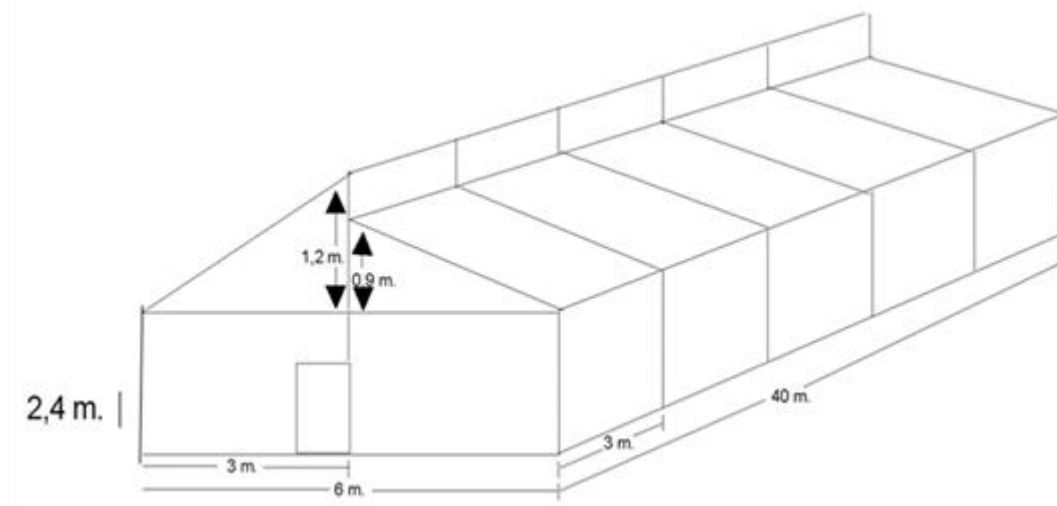
Existen muchos tipos de invernaderos, en función de la forma que se adopte y los materiales utilizados. Sin embargo, en Chile, se utilizan al menos tres tipos o formas: caseta, túnel y capilla.



**Figura N° I.19:** Invernadero tipo túnel.



**Figura N° I.20:** Invernadero tipo capilla a dos aguas en su variante sin claraboya.



**Figura N° I.21:** Invernadero tipo capilla a dos aguas en su variante con claraboya

Los invernaderos tipo caseta aparecieron al interior de Ovalle, en El Palqui por la década de los 60, tenían poca altura, techo plano, se les ubicaba en las laderas de los cerros preferentemente con exposición norte y todos eran de 2.000 m<sup>2</sup>. En su construcción se utilizaba una estructura tipo parronal cubierta con polietileno de baja densidad.

Este tipo de estructura se mantuvo por muchos años, e incluso aún se encuentra, pero tiende a desaparecer por el problema de falta de ventilación en su sector central. Los productores han evolucionado al uso de estructuras de tipo capilla a dos aguas, llamados invernaderos quillotanos.

Otro tipo de estructura que en un primer momento tomó cuerpo es el invernadero metálico tipo túnel, fabricado a base de tubos de acero galvanizado, de 7 a 9 m de ancho en la base y 2,50 a 3.10 m de altura máxima y con un largo variable que generalmente era de 85 m. Este tipo de invernadero muy fácil de instalar ha perdido interés entre los productores de tomate por su baja altura.

El tercer tipo es característico de la zona de Quillota, cuyo uso se ha extendido hacia otras áreas manteniendo su forma, pero con variación en

sus dimensiones, aunque guardando relación con los materiales de construcción utilizados. Es así como al predominar las estructuras construidas en madera cuyas piezas tienen un largo de 3,2 m, es frecuente encontrar naves de 6 a 7 m de ancho, las que se disponen una al lado de la otra, sin más limitación que el ancho del potrero o la disposición del productor para tener unidades productivas de tipo modular a fin de tener mejor control de labores y producción.

El hecho de estar las naves unidas en sus costados, hace que la ventilación deba ser cenital y para ello se utilizan lucarnas y aberturas frontales (anterior y posterior) para el ingreso de aire exterior. Esto, junto a la reducida altura: 2,5 a 3 m a la canaleta y 4 m la altura máxima de la cumbrera, hace que los invernaderos no puedan ser muy largos porque generarían problemas de acumulación de calor y humedad en el centro de ellos, encontrándose naves de 20 a 50 m de largo.

### **1.4.3 FACTORES IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE INVERNADEROS**

#### **EMPLAZAMIENTO**

Duarte, 1997, Antes de comenzar la construcción de un invernadero se debe elegir cuidadosamente su emplazamiento. El lugar más favorable está relacionado con un tipo de suelo que permita una buena construcción, pero también un lugar con las condiciones ambientales, especialmente iluminación, favorables para el crecimiento de las plantas. La elección del emplazamiento para el invernadero está vinculada a los puntos que se indican a continuación.

## **TOPOGRAFÍA**

Se debe seleccionar un terreno bien nivelado o con poca pendiente debido a que los terrenos situados en pendientes empinadas, con perímetro irregular, aumentan la dificultad y el costo de la edificación. Las especies cultivadas en estos ambientes requieren una alta eficiencia de distribución de temperatura, iluminación y ventilación.

Cuando se elige el lugar para construir un invernadero es importante tener en cuenta que éste debe tener acceso a una buena carretera para facilitar el transporte de los materiales de construcción y del producto obtenido en los invernaderos.

## **ILUMINACIÓN NATURAL**

Es uno de los factores más importantes en el crecimiento de las plantas. El invernadero puede ser iluminado con luz solar directa o con luz artificial. La cantidad de luz disponible en los invernaderos puede constituir un factor limitante para el crecimiento de las plantas, especialmente durante el invierno. Algunas veces es necesario complementar la iluminación natural con luz artificial.

Las condiciones atmosféricas desfavorables reducen la intensidad luminosa, por lo que conviene evitar aquellas zonas en las que prevalecen las nieblas y las brumas o que tienen atmósferas contaminadas por humos.

## **AGUA**

El agua juega un papel muy importante para la elección del emplazamiento de los invernaderos. El agua debe ser limpia y libre de organismos que pudieran causar enfermedades o plagas que afecten a la papa; también debe estar libre de agentes químicos indeseables, como exceso de sales.

El agua debe proceder de un pozo profundo o de una red de suministro. No es recomendable el agua de arroyos, estanques o pozos poco profundos porque es posible que se encuentre contaminada por agentes nocivos para las plantas. En caso necesario, estas fuentes de aguas deben ser tratadas para hacerlas aptas para las plantas. Para mayor seguridad, el agua que se use debe ser previamente analizada. En general es preferible el agua blanda a la dura, aunque tiene mucho más importancia que el suministro sea continuo y puro.

Se requiere agua en cantidades suficientes, ya que las plantas en crecimiento la precisan en abundancia, sobre todo durante los meses de verano.

## **ORIENTACIÓN**

La cantidad de energía solar recibida por una superficie depende de la estación y de las condiciones

Ambientales predominantes en el área y en el momento (humedad, nubosidad, etc.).

Las estaciones son consecuencia del movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol y de la inclinación del eje terrestre sobre el plano de la eclíptica. Aunque la excentricidad de la eclíptica es pequeña, la intensidad de la radiación varía inversamente al cuadrado de la distancia. La orientación de los invernaderos, por lo tanto, es materia de controversia principalmente por la necesidad de conseguir un equilibrio óptimo. En los invernaderos con orientación este-oeste se transmite mejor la iluminación invernal que en la orientación norte-sur. Los invernaderos construidos en las regiones del sur con una orientación este-oeste dan muy buenos resultados para la germinación y crecimiento de las plantas; lo contrario ocurre con la orientación norte-sur que es propicia para las regiones del norte.

## **UBICACIÓN Y ZONAS APTAS PARA LA UTILIZACIÓN DE INVERNADEROS**

Alvarado, 2000, Las condiciones climáticas de la zona son especialmente relevantes cuando se trata de instalar invernaderos fríos. En estos casos se requiere de zonas libres de heladas o con heladas ocasionales suaves, tales como las áreas con influencia marina de la zona central y centro-norte. En zonas con riesgo de helada ocasional, se tendría que disponer con algún medio de calefacción artificial para esas situaciones, o de una mayor protección con materiales de cubiertas reforzados térmicamente.

En términos generales, resulta determinante las temperaturas mínimas medias que corresponden normalmente a temperaturas nocturnas, difícilmente modificables por el invernadero, a diferencia de las temperaturas medias, que justamente son las modificables al elevar las temperaturas diurnas.

Es importante además que el lugar esté protegido de vientos fuertes, por el posible daño a la cubierta e incluso a la estructura del invernadero. Además, el viento helado aumenta el peligro de inversión térmica.

Es recomendable que la orientación del invernadero sea la que presente menor resistencia al viento dominante (orientación frontal no lateral), a pesar que este factor es posible de controlar mediante cortinas cortavientos. Más importante resulta la orientación desde el punto de vista de la luz, la posición norte-sur es la más indicada para lugares ubicados en latitudes menores a 40°, en tanto que la posición este-oeste es la que permite captar mayor cantidad en invierno y es por lo tanto la más recomendada para zonas sobre los 40° de latitud.

Si por razones de viento o topografía hay que modificar esta orientación se debe tender a una posición en que reciba la máxima cantidad de luz en la mañana que es cuando se necesita aumentar la temperatura

rápidamente. Esta posición debe ser perpendicular a los rayos de sol matinales y en el hemisferio sur corresponde a la posición sureste-noreste.

## **1.5 TIPOS DE INVERNADEROS**

Serrano en 1999, dijo que el rango de temperaturas a mantener en el invernadero

- Invernaderos fríos
- Invernadero templados
- Invernadero cálidos

- **Según Materiales de Cubierta**

La forma del techo influye en la cantidad de luz que entra al invernadero. La redonda es la más efectiva. Sin embargo, el sistema más difundido es la estructura de madera a dos aguas, por su construcción más fácil.

- **Según su estructura**

Puede ser metálica con perfiles angulares o de tubos redondos. Hay de madera sola, o de ésta y alambre. También de tubos de PVC o de concreto

- **Según su forma**

Las formas son variables. Dependen de las necesidades del usuario y de los materiales que se disponga. Los hay con techos de dos aguas, con estructuras semicirculares y semienterrados. En los primeros, puede considerarse una sola nave o juntar varias para ahorrar el polietileno en los costados y aprovechar mejor el espacio interior. Así se facilitan las labores con animales, moto cultivadores o tractores.

Según (Serrano, 2005); los invernaderos más utilizados son los tipos siguientes:

- **Tipo túnel-invernadero o macro túnel:** circular o poligonal
- **Tipo capilla:** de una o dos vertientes, tienen forma de caseta
- **Tipo diente de sierra:** sus vertientes inclinadas deben ser expuestas hacia el Norte, para una mejor insolación.
- **Techumbre curva:** Son una versión mejorada del tipo túnel, son contruidos tanto de metal, como de madera.
- **Tipo burbuja o hinchable:** los materiales son la lámina de polietileno y una pequeña bomba que mantenga una presión interna de 3mm de columna de agua. El ancho de la lámina de plástico debe ser de por lo menos 8-10m, para disminuir el número de soldaduras. Las laterales son enterradas en una zanja perimetral y son orientados Este-Oeste, para que reciban la mayor radiación Al no tener estructuras rígidas, no son tan sensibles a los vientos fuertes. Los inconvenientes son que al ingresar el aire para mantener la burbuja inflada, este puede estar más frío que el interior, con el consecuente enfriamiento, así como también existe la posibilidad de cortes del suministro de energía eléctrica.

## **TIPOS DE INVERNADEROS CUBIERTOS CON LÁMINAS DE POLIETILENO (TIPO CAPILLA)**

Existen varios sistemas de construcción de invernaderos tipo capilla, entre los cuales destacamos:

- Sistema canario con estructura de madera
- Sistema canario con estructura metálica

- Sistema canario con estructura mixta (madera-metal)
- Invernadero con estructura metálica (tipo Almería)
- Invernadero de palos y alambre (tipo parral)

Los invernaderos tipo canario están constituidos, en general, por una cumbrera, dos correas o, "cabos" que sustentan el polietileno de cubierta, laterales que son palos o alambre galvanizado ("paredes"). La diferencia entre los diversos sistemas que incluye este tipo de invernadero, radica en los costos, durabilidad y facilidad de instalación de las estructuras.

Los invernaderos con estructuras metálicas (tipo Almería), se basan en tubos de hierro galvanizado de 1" ensamblados por abrazaderas o grapas de cuña. Las naves o módulos de estos invernaderos se construyen en anchos de 12-20m. La cubierta es una lámina de polietileno, la cual va fijada a la estructura metálica mediante un entramado de alambre (esto lo describiremos en el tipo parral) situado por encima y por debajo de dicha lámina.

### **INVERNADEROS ALTERNATIVOS:**

Se basan principalmente en las condiciones y materiales disponibles a bajo costo en el lugar en que se construirán. Entre este tipo de invernaderos se destacan:

- Invernadero tipo túnel: construido en base a varillas de coligue y piezas de madera, en el cual el plástico va cosido a la estructura.
- Invernadero construido sobre laderas: consiste básicamente en realizar un corte en la ladera de un cerro, exponiendo dicho corte hacia el norte, cubriendo parte del techo con "fonolitas" sobre un aislamiento de paja e 20cm y el frente, con una inclinación de 60° (calculada para la variación de altura solar), cubierto con una

lámina doble de polietileno corriente al igual que los laterales. La ventaja de este diseño es su bajo costo en relación a la capacidad de autorregulación de la temperatura interior, esta regulación se debe a que en invierno los rayos solares inciden directamente sobre el invernadero y en verano estos son más bien indirectos.

### **INVERNADEROS DE PALO Y ALAMBRE (TIPO PARRAL O PARRONAL)**

Se denominan tipo parral por ser una versión modificada de las estructuras o tendidos de alambre empleadas en los parrales de uva de mesa de la variedad Ohaenes en la provincia de Almería, España, son por lo tanto estructuras de origen autóctono de esta provincia.

La altura de estos invernaderos en su cumbrera, varía entre los 3-3.5m y la anchura de la nave varía entre los 14-20m, pudiendo adosarse estas para formar un invernadero de capillas múltiples, cuyas techumbre tienen una pendiente no superior al 15%. A veces se construyen sin pendiente, formando un techo plano. Materiales esenciales empleados en la construcción de un invernadero tipo parral:

Los postes utilizados generalmente son de eucaliptos, los cuales deben ser bien curados y secos, de ser posible sin nudos y con una conicidad que no supere el 1%. Pueden ser también rollizos de madera con algún tratamiento de endurecimiento (maderas impregnadas). Sus diámetros y longitudes son distintos para cada función y lugar que ocupan en el invernadero.

El alambre galvanizado sirve para formar la cumbrera del invernadero y además para fijar y anclar los postes de madera. También se emplea para sujetar la cubierta de polietileno.

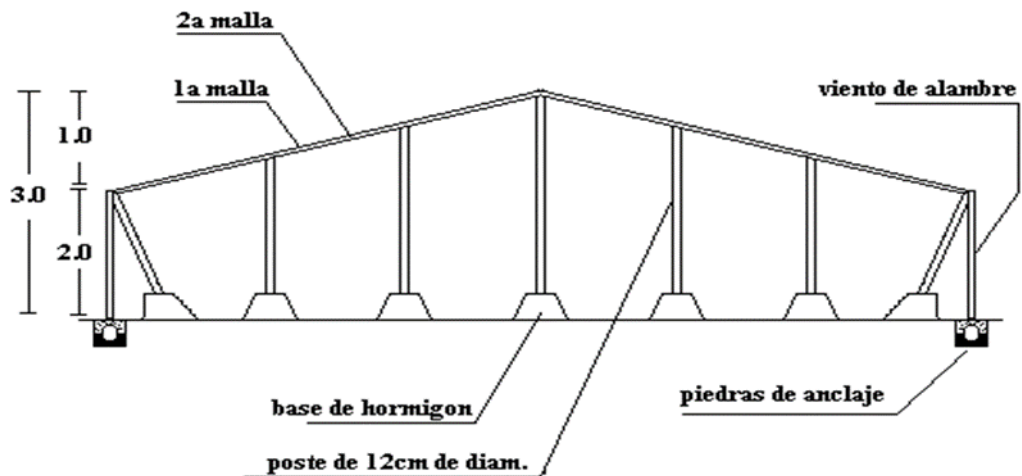


Figura N° I.22: Esquema frontal de un invernadero tipo parral en sección

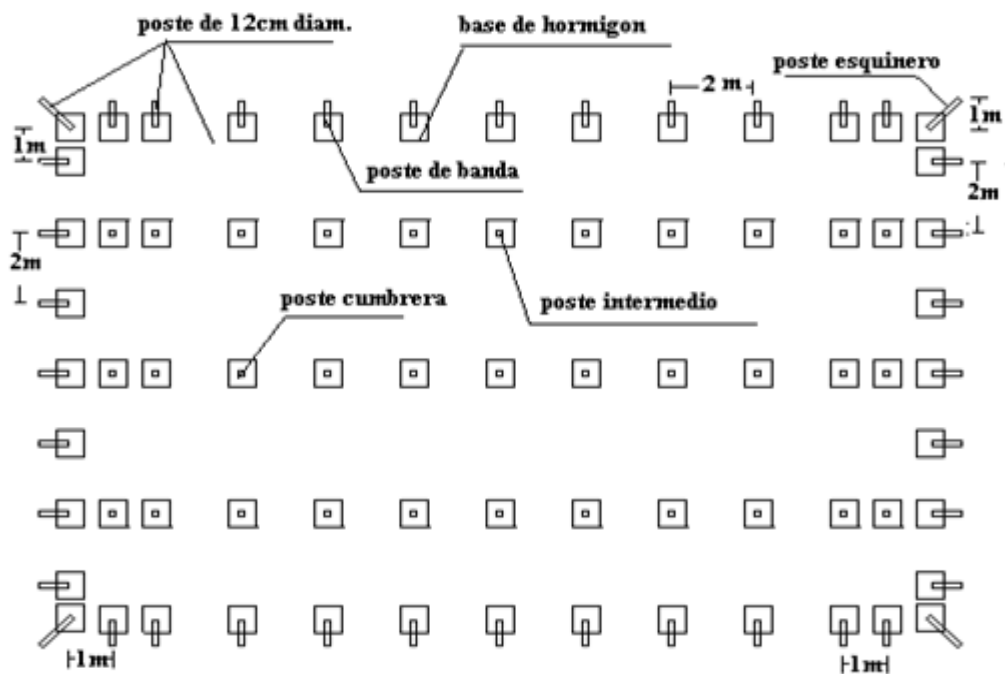


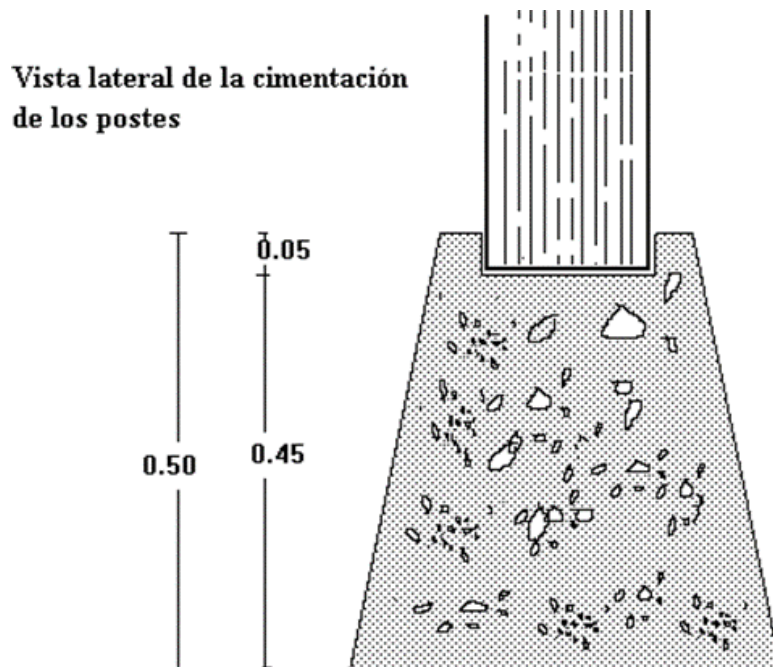
Figura N° I.23: Esquema en planta de un invernadero tipo parral

Los postes van ubicados en cuadrículas de 2m y unidos entre sí por cordadas de alambre. La función que cumplen los palos está en relación a su ubicación

### **CIMENTACIÓN DE LOS POSTES:**

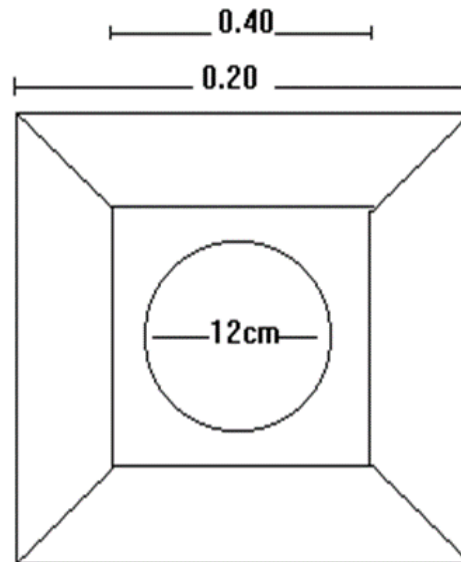
Deben ir apoyados en base de hormigón, con forma de tronco piramidal, cuyas medidas son en la base inferior 25-30cm y en la superior 20-25 al igual que la altura.

El orificio de inserción debe tener una profundidad de 5cm y con un diámetro algo superior al poste soportado. Las bases de hormigón se semi-entierran en el suelo, dejando la base superior sobresaliente unos 10cm. Esta elevación protegerá al palo del agua de riego.



**Figura N° I.24:** Cimentación de columnas

Vista en planta de  
la cimentación



**Figura N° I.25:** Vista en planta de la cimentación

### **INSTALACIÓN DE LOS PILARES:**

En todo el perímetro, espaciados 2m se ubican los palos de banda o laterales, los que tienen 10-12 cm de diámetro y 2.3m de altura, se entierran con una inclinación de 60° con respecto al suelo, por lo cual la altura de un invernadero en todo su perímetro es de 2m.

En las esquinas del terreno se instalan palos esquineros, de 2.5-2.6m de longitud y de 12-14 cm de diámetro, también van inclinados 60° respecto al suelo. Al interior del terreno se colocan filas de palos paralelas al eje del invernadero, formado este último por los palos cumbrera que son los que alcanzan la mayor altura en el invernadero, siendo estas de 3.5 m y el diámetro 10-12 cm.

Los palos intermedios tienen entre 6-8cm de diámetro y su altura se suscribe entre los 3.5 de la cumbrera hasta los 2m de las laterales, esta altura esta también función de la anchura del invernadero.

Para determinar la pendiente de la techumbre, se debe tener en cuenta el clima, para el caso de Almería, esta debe ser un 15%, debido a la baja

precipitación, con precipitaciones de 600 mm, hay que dotar al invernadero con pendientes de hasta 25%.

Los esquineros llevan 3 vientos, para compensar la extensión que ellos ejercen, los cuales están formados por una doble hebra de alambre trenzada, de 4.4mm de diámetro, sujetándose a piedras enterradas o anclajes especiales.

Lo primero que se ubica son los palos esquineros y luego se traza una cordada triple, de alambre de 4.4mm trenzados. Sobre esta hebra maestra, se fijara la cumbrera y se utilizara para sujetar y tensar los palos de la misma, también los laterales e intermedios.

Después de los perimetrales, se levantan los palos cumbrera, estos llevan en su extremo superior, dos hendiduras cruzadas, en las cuales se alojara la cordada maestra de la cumbrera y la cordada transversal, las cuales se fijan al palo mediante alambre de 4.4mm que atraviesa al mismo para que no puedan soltarse de las hendiduras. Los palos de más próximos a los laterales del invernadero, deben ser de menor altura que el resto, esto para facilitar el tensado de la cordada de alambre de la cumbrera.

Después de los postes de cumbrera se levantan los postes de banda, dicha operación se hace por pares opuestos, colocando al mismo tiempo la cordada transversal constituida por 2 alambres de 4.4mm, la cual ha de pasar por el correspondiente palo de cumbrera.

A continuación se instalan los palos de fachada, que igualmente se instalan por pares opuestos, mediante una cordada doble de alambre doble trenzado de 4.4mm, que se cruza con la transversal.

Por último solo queda levantar los palos intermedios, que van colocados en línea paralela con los de cumbrera a cuatro metros de distancia de la misma, para sujetarlos se procede igual que con los de fachada. Todos

los palos utilizados en la estructura llevarán las hendiduras de profundidades distintas cruzadas que permiten que las cordadas de alambre no se suelten de la cabeza del palo.

### **CONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA O TECHUMBRE DEL INVERNADERO:**

Está constituida por 2 redes de alambre galvanizado, tejidas manualmente, conformando cuadrículas de 40x40 cm y 60x60 cm. La primera que se teje es la superior, que es la que sujeta al plástico, para que este no se mueva de su posición, esto se hace a partir de la cordada mayor, con alambre de 4.4 mm. Transversalmente se trazan otras hiladas de alambre que se entrecruzan con las anteriores, formando cuadrículas de 40x40 cm, estas últimas se realizan con alambre de 2.2mm de diámetro.

La malla inferior, que soportará el plástico, se construye de forma similar a la anterior, con la excepción de que las cordadas principales van distanciadas unos 20-30cm y las transversales se entrecruzan unos 60 cm.

Colocación del plástico: se hace mediante el uso de tacos de madera que separan las redes, y deslizando el polietileno entre las 2 mallas, así se pueden utilizar láminas de hasta 12 m de ancho.

La unión de láminas se hace mediante el solapamiento de unos 30 cm, el cual queda seguro por la presión que ejercen los alambres, esto se refuerza cosiendo algunas partes de las mallas inferior y superior. El plástico de la techumbre se deberá caer sobre los laterales al menos unos 50cm a modo de faldón y enrollando en el extremo cañas que configuran ventanas corridas que se construirán a lo largo de los paramentos laterales del invernadero. El plástico de dichas laterales se sujeta entre 2 mallas de alambre de 2.2mm, en cuadrícula de 30x30 y un poco más en

la parte exterior. Dichas mallas se sujetan a la cordada maestra y a otra trazada a ras de suelo con alambre de 3.4mm.

El anclaje del plástico lateral se realiza mediante el enterramiento de 15 a 20 de su borde inferior, en el extremo superior se enrollan cañas con el fin de acoplar con el faldón de la techumbre. La superficie dejada expuesta en las laterales se puede cubrir con malla de polipropileno, tipo mosquitero.

### **1.6 TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS SOBRE EL TEMA.**

Zanabria 2014, concluye que en zonas alto andinas del Cusco, comprendidas entre los 11° 07'48" y 15°29'39" LS, altitudes comprendidas entre los 2 500 a 5 000 msnm, con temperaturas mínimas invernales que descienden bajo cero, las formas curvas de invernaderos: semicirculares, semielípticos, etc., presentan mejores condiciones de transmisividad de la radiación solar, alcanzando 66 % y 30 % de reflectividad. En consecuencia, por cada 1 000 W/m<sup>2</sup> de irradiancia, ingresan al interior del invernadero 660 W/m<sup>2</sup>, son reflejadas 300 W/m<sup>2</sup>, absorbidas por la cubierta 40 W/m<sup>2</sup>; comparadas a las formas tipo capilla a dos aguas, presentan una transmisividad del 55 % y 36 % de reflectividad. De esta forma se garantiza un adecuado proceso fotosintético de las plantas al interior. La orientación del invernadero es importante en la época invernal con heladas frecuentes, siendo la orientación E-O (principal eje geométrico), la que mejor se comporta en los invernaderos curvos y tipo capilla con un 61 % de transmisividad, comparado a la orientación N-S con un 55 %. Un caso particular interesante, se observa en un invernadero curvo con orientación N-S, a lo largo del año; en horas de la mañana y tarde, las superficies curvas E y O, reciben gran cantidad de energía solar, mejorando la inercia térmica del invernadero.

El polietileno (PE) térmico estabilizado y los materiales empleados como pantallas antirradiativas: arpillera, tela de tocuyo americano, son opacos a

la radiación térmica infrarroja larga (2 000 a 26 000 nm), los resultados de la evaluación tomando como referencia una caja térmica, muestran que la temperatura en el interior de la caja, cubierta con diferentes tipos de pantallas, se mantiene en todos los casos, 5 °C por encima de la temperatura mínima exterior.

El uso simultáneo de una cubierta de polietileno térmico estabilizado, pantallas antirradiativas de arpillera de entramado grueso y un muro de adobe en la pared sur (mirando al N) en un invernadero de techo curvo, mejoran la temperatura en el interior del invernadero alcanzando hasta 7 °C por encima de la temperatura mínima exterior (5 °C). Un invernadero de estructura de palos, orientación E-O, tipo capilla, el efecto del murete de adobe perimetral, la pantalla antirradiativa de tela producen una mejora de la temperatura en el interior del invernadero de aproximadamente 3 °C por encima de la temperatura mínima exterior.

Del balance térmico calculado para tres tipos de invernadero, se concluye que el invernadero de techo curvo (pared de adobe, pantalla de arpillera), las pérdidas de calor totales son de 79 W/m<sup>2</sup>, dichos elementos reducen las pérdidas en un 57 %. Un invernadero de estructura de palos, techo tipo capilla, murete de adobe y pantalla de tela, las pérdidas totales son de 112,5 W/m<sup>2</sup> (39 % de reducción de pérdidas), comparando estos resultados al balance sobre un invernadero de estructura de palos sin ninguna modificación, las pérdidas alcanzan 184,0 W/m<sup>2</sup> (valor referencial del total de pérdidas igual al 100 %, respecto del cual se han efectuado los cálculos para los invernaderos tipo I y II, respectivamente).

La evaluación económica de los distintos tipos de invernaderos, muestra que la inversión total (construcción, operación y mantenimiento) anualizados por m<sup>2</sup>, para el invernadero de techo curvo y paredes de adobe, es de S/. 80, mientras que para el invernadero de palos (techo tipo capilla) con murete de adobe es de S/.48. Los beneficios anuales derivados de la venta de productos son de S/. 110,20 /m<sup>2</sup> para el primer

caso y S/. 70 /m<sup>2</sup> para el segundo tipo. Comparando estos resultados, la rentabilidad anual para el primer caso es: S/. 30,20 /m<sup>2</sup> y de S/. 22 /m<sup>2</sup> para el segundo.

García, 2012 Concluye que el mantenimiento a largo plazo de la actividad hortícola bajo invernadero pasa por el aumento de la productividad entendida en sentido amplio. Esta variable implica la gestión de todas las partidas que conforman la cuenta de resultados, tanto desde el punto de vista del gasto como del ingreso. El aumento de la productividad viene determinado por la implantación de cambios (innovación), tanto estructurales como de manejo del invernadero, que generen un rendimiento extra. Esto implica que al criterio técnico siempre debe seguir un análisis coste/beneficio.

Los datos muestran que el beneficio del agricultor de invernadero se ha visto reducido en los últimos años. La caída del margen se ha amortiguado gracias a un incremento de las productividades en campo (kg/m<sup>2</sup>). Sin embargo, siguen existiendo cambios anuales importantes en las cantidades recolectadas como consecuencia de deficiencias en las estructuras invernadas. El escaso beneficio dificulta la inversión, lo que ha llevado a muchos agricultores a vender sus fincas por falta de rentabilidad. Este hecho queda reflejado en el estancamiento de la superficie y el incremento del tamaño medio por explotación. Las fincas de mayor tamaño están intentando aumentar sus márgenes mediante un uso más eficiente de los recursos que reduzca sus costes unitarios. En este trabajo se ha visto que innovaciones en el manejo del invernadero pueden tener repercusiones relevantes en el beneficio.

Por otro lado, la gestión medioambiental debe ser considerada un factor de productividad que afecta a la calidad percibida y, por ende, al precio. Hasta la fecha las acciones encaminadas a mejorar este factor se han basado en la implantación de diferentes normas de calidad, adoleciendo

de instrumentos preventivos de gestión ambiental, es decir, de planificación, diseño y evaluación del impacto ambiental.

Finalmente, la realización de una autoevaluación de la sostenibilidad del invernadero hortícola demuestra que: 1) existen puntos débiles cuya solución podría mejorar sensiblemente la viabilidad del sistema; y 2) el margen de crecimiento es amplio, por lo que con las estrategias correctas, algunas de ellas analizadas en este trabajo, el sector puede asegurar su futuro. Adicionalmente, la importancia de las variables económicas, siguen pesando mucho más que las sociales o puramente ambientales. Hasta que el agricultor no reconozca la importancia de éstas últimas no tendrá una visión amplia de lo que lo implica la sostenibilidad y, por tanto, se dificultará la toma de decisiones acertadas.

## **II MATERIALES Y METODOS**

### **2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El presente trabajo experimental se condujo en el Centro Experimental de Pampa del Arco, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; ubicado geográficamente a 13° 08` Latitud Sur y 74° 32` Longitud Oeste, a una altitud de 2760 msnm, del distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga y Departamento de Ayacucho.

### **2.2 ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL**

Anteriormente a la instalación del presente trabajo de investigación, el campo experimental estuvo en descanso. La siembra del campo de cultivo solamente se da en épocas de lluvia característica de la zona semiárida de Pampa del Arco.

### **2.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO**

El muestreo del suelo se realizó de acuerdo al método convencional, teniendo en cuenta la capa arable de 20 a 30 cm. tomándose varias muestras al final se mezcla, de esta se obtiene una porción homogénea de 1 kg, el cual fue llevado al laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestran en el Tabla N° II.1:

Propiedades Químicas	Unidad	Valor	Método	Interpolación Según Ibáñez y Aguirre
pH		7.42	Potenciometria	Básico
M.O	(%)	0.83	Walkley Black	Bajo
N-Total	(%)	0.04	Kjeldahl	Bajo
P-Disp	(ppm)	17.25	Bray-kurtz	Medio
K-Disp	(ppm)	164.4	Turbidimetria	Alto
Arena	(%)	43.6	Hidrómetro	
Limo	(%)	20.9		
Arcilla	(%)	35.5		
Clase Textual		Franco – Arcilloso		

**Tabla N° II.1** Características físicas y químicas del suelo donde se instaló el experimento. Pampa del Arco-UNSCH, 2760 msnm.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

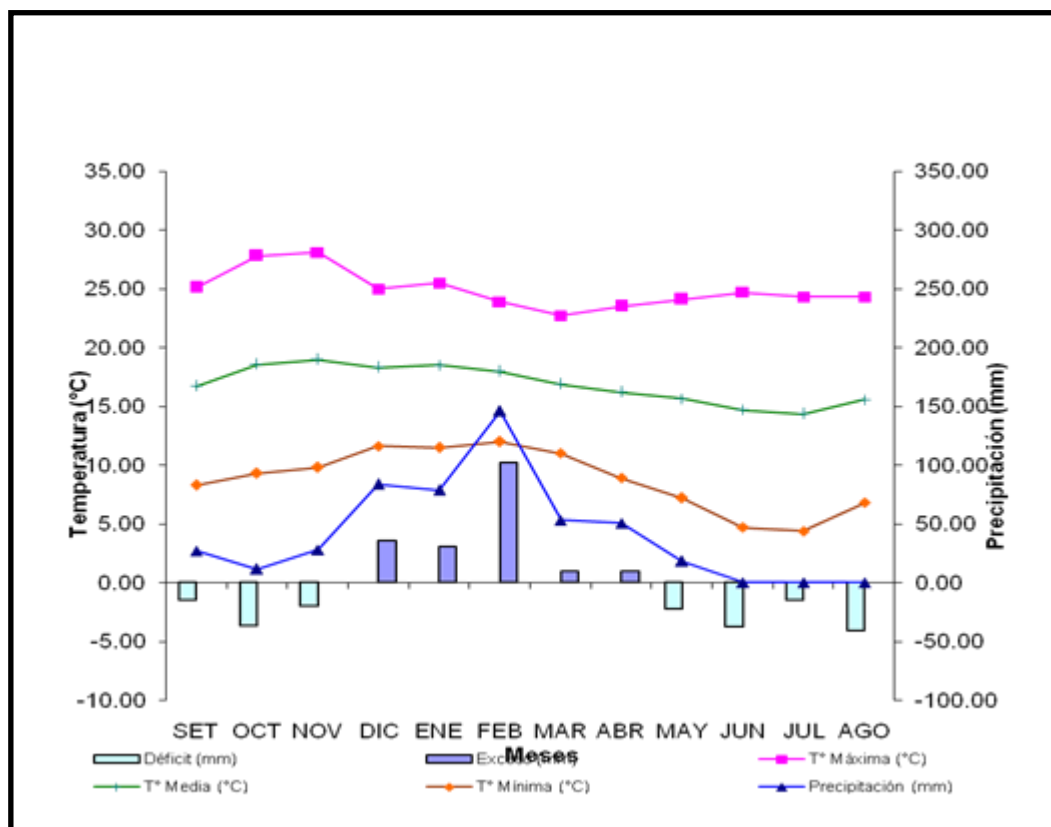
Los datos fueron tomados del registro de datos meteorológicos de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga de la Estación Meteorológica de Pampa del Arco; mediante una tabulación de los datos de temperatura y precipitación se obtuvo la evapotranspiración potencial utilizando la fórmula propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN). De la evapotranspiración potencial ajustada o real (ETPR) se restó la precipitación, obteniéndose la deficiencia o exceso de agua en el suelo.

En la Tabla N° II.2: donde las temperaturas promedio de máxima, mínima y media mensuales fueron de 24.92, 8.79 y 16.85 °C respectivamente, la precipitación promedio total anual fue de 496.70 mm.

AÑO	2010-2011							
MESES	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
T° Máxima (°C)	25.1	27.8	28.1	25	25.5	23.9	22.7	23.5
T° Mínima (°C)	8.3	9.3	9.8	11.6	11.5	12	11	8.9
T° Media (°C)	16.7	18.55	18.95	18.3	18.5	17.95	16.85	16.2
Factor	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.64	4.96	4.8
ETP(mm)	80.16	92.01	90.96	90.77	91.76	83.29	83.58	77.76
Precipitación (mm)	27.2	11.6	28	83.8	78.6	145.8	53.2	50.39
ETP Ajust. (mm)	42.2	48.43	47.88	47.78	48.3	43.84	44	40.93
H del suelo (mm)	-15	-36.83	-19.88	36.02	30.3	101.96	9.2	9.46
Déficit (mm)	-15	-36.83	-19.88					
Exceso (mm)				36.02	30.3	101.96	9.2	9.46

AÑO	2010-2011					
MESES	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL	PROM
T° Máxima (°C)	24.08	24.7	24.3	24.3		24.92
T° Mínima (°C)	7.2	4.7	4.4	6.8		8.79
T° Media (°C)	15.64	14.7	14.35	15.55		16.85
Factor	4.96	4.8	1.96	4.96		
ETP(mm)	77.57	70.56	28.13	77.13	943.67	0.5264
Precipitación (mm)	18.17	0	0	0	496.76	
ETP Ajust. (mm)	40.84	37.14	14.81	40.6		
H del suelo (mm)	-22.67	-37.14	-14.81	-40.6		
Déficit (mm)	-22.67	-37.14	-14.81	-40.6		
Exceso (mm)						

**Tabla N° II.2** Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico año 2009, de la Estación Meteorológica Pampa del Arco- Ayacucho.



**Figura N° II.1**

**Figura N° II.2** Diagrama Ombrotérmico: T° vs Pp. y Balance Hídrico

La temperatura fue favorable para las diferentes fases fisiológicas del cultivo, cuyo rango osciló entre 17.35 y 18.70 °C de temperatura media, los cuales son considerados como moderados para el funcionamiento del sistema fisiológico de la planta. Del balance hídrico se tuvo exceso de agua en los meses de Diciembre del 2008 a abril del 2009 y los demás meses un déficit.

Uno de los indicadores muy importantes para la agricultura de secano es la humedad del suelo. El balance hídrico propuesta por ONERN (1970), relaciona la precipitación con evapotranspiración (evaporación de agua del suelo y la transpiración del cultivo), quienes a su vez están estrechamente relacionadas con la temperatura máxima, mínima y media registradas durante el día. Todo este conjunto de datos determinan las características climáticas de Huamanga, y específicamente de la zona

semiárida de pampa del arco. Es de gran importancia saber que en esta zona es almacenar el agua de lluvia.

## **2.5 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO CON ESTRUCTURA DE MADERA Y CUBIERTA DE POLIETILENO**

### **MADERA**

**1. Postes.** Los más empleados son los de eucalipto "tratados". Su duración se puede incrementar al pintarlos con alquitrán líquido en los 60 cm que se enterrarán y en los 20 cm que quedan sobre el suelo. El diámetro apropiado es de 3 a 4 pulgadas. Medidas inferiores no son recomendables por presentar menor resistencia a los vientos fuertes, lluvias y, en algunos casos, al peso de la producción. Los postes de los costados deben ser de 3 metros de alto. Al enterrarlos 60 cm dan una altura de 2,40 metros sobre el suelo. Los postes centrales medirán 4,20 metros de largo y una vez enterrados quedarán de una altura de 3,60 metros.

**2. Correas.** Comprar listones de 1 pulgada de ancho por media pulgada de espesor (los llaman charlatas), para fijar el polietileno a las tablas con clavos de una y media pulgada.

**3. Alambre.** Existen diferentes espesores, según dónde y para qué se usen. Para sostener las cintas que amarran las plantas, se usa alambre del N° 12 o el 14 que debe ser lo suficientemente resistente para soportar el peso de las plantas y sus frutos. Para las cortinas y el techo se usa un alambre del 14 y para el anclaje del invernadero se requiere uno más grueso, del N° 8 o el 10.

**4. Cubierta.** La más empleada es la de polietileno de baja densidad. En el comercio se encuentran anchos de 6 a 12 metros. Es necesario considerar estas medidas al diseñar las estructuras.

**Polietileno.** El más usado es de 0,15 a 0,20 milímetros de espesor, con tratamiento anti UV. Generalmente, dura dos temporadas y tiene una mayor resistencia a los climas adversos. En el caso de usar doble cubierta, la interior será de polietileno más delgado, de 0,06 milímetros.

Se encuentra en el comercio en tres tipos:

a. Normal.

Su espesor más común es de 100 micras (0,10 mm). Tiene una duración promedio de 8 a 10 meses. Es de color transparente y muy permeable a los rayos infrarrojos de onda larga, lo que provoca pérdida de calor por las noches, con el consiguiente peligro de inversión térmica (menor temperatura dentro del invernadero en noches despejadas, frías y sin viento).

Difunde poco la luz solar, lo que puede ocasionar daños por golpes de sol. Se produce gran condensación de la humedad generada al interior del invernadero (producto de la evapotranspiración).

b. Larga duración.

Se mantiene en buenas condiciones por dos temporadas agrícolas. Presenta un color amarillo transparente y lleva aditivos en su composición para protegerlo de los rayos ultravioleta. El espesor más usado es entre 150 y 200 micras (0,15 a 0,20 mm).

Difunde mejor la luz que el polietileno normal, pero no tiene efecto térmico y presenta el mismo peligro de inversión térmica.

c. Térmico.

Dura de 2 a 3 temporadas. Su color es amarillo o transparente, con un espesor generalizado de 200 micras (0,20 mm). Tiene aditivos contra los rayos infrarrojos de onda larga que, durante la noche, permiten retener más o menos el 85% del calor almacenado en el día. Eso disminuye el peligro de heladas por inversión térmica.

Produce gran dispersión de la luz, con lo que se evitan los golpes de sol. A la vez, requiere un buen sistema de ventilación para evitar temperaturas muy altas, ya que en los invernaderos cubiertos con este tipo de polietileno se acumula más calor.

La condensación se produce como gotas de menor tamaño, lo que reduce el daño en las plantas.

d. Ubicación.

Para elegir el terreno donde se van a levantar uno o varios invernaderos, es conveniente tener en cuenta aspectos como:

- La disponibilidad de agua de riego en cantidad y calidad.
- Elegir suelos nivelados, con buen drenaje, libres de posibles anegamientos por aguas lluvias o desbordes de canales.
- Que existan caminos de acceso todo el año para la salida de los productos. En lo posible, lejos de los caminos y zonas polvorientas, debido a que el polvo se deposita en los techos disminuyendo el paso de luz al interior, además de contaminar las hojas y frutos.
- Que se cuente con mano de obra en la vecindad.

- Fácil conexión a la energía eléctrica para el bombeo del agua de riego y la iluminación.
- Evitar zonas de mucha neblina por su menor luminosidad.
- Que esté cerca de la persona encargada, para que dé solución rápida a cualquier problema.
- No ubicarlo junto a la sombra de árboles muy altos, ni donde lleguen sus raíces.
- Cuidarse también de los suelos bajos donde existan napas freáticas altas.
- Que estén protegidos de vientos fuertes que puedan dañar la cubierta de polietileno.

## **ORIENTACIÓN**

Muchas veces la pendiente del terreno (topografía) decide la orientación de la nave o caseta. En los suelos planos es importante considerar la dirección de los vientos predominantes, debiendo orientarla hacia aquella que presente menos resistencia.

Cuando las naves se construyan con lucarna, ésta debe quedar orientada a favor de la brisa suave, para facilitar la ventilación. La más usual es norte-sur para aprovechar mejor la luz solar.

## **DETALLES A CONSIDERAR**

Con el invernadero aún en el papel, es bueno conocer las condiciones que exigen su instalación, las diversas estructuras y los plásticos para la cubierta.

El tipo y estado de la estructura. Por ejemplo, las de fierro necesitan estar pintadas de color blanco para evitar que se calienten demasiado y corten el polietileno. Además se protegen del óxido.

El estado de la madera. Debe ser seca para que no se doble y, en el caso del pino, evitar que las resinas afecten al polietileno.

Que los cantos de las piezas de madera sean suaves, sin asperezas, en las zonas de contacto con la lámina de polietileno, para que no la rompan. En otras palabras, que estén bien cepillados al igual que las tablas que lo fijan sobre la estructura.

Que el polietileno no quede suelto ni excesivamente tirante, al momento de su colocación y fijación sobre la estructura. Proteger el invernadero con cortinas cortavientos, en las zonas de fuertes vientos.

Evitar el contacto de los productos fitosanitarios con el polietileno.

## **2.6 DISEÑO ARQUITECTONICO**

Mucho se podría hablar de temas específicos de cultivos y técnicas de producción bajo invernadero. Sin embargo, hay aspectos relevantes de índole general, que se desprenden de lo anteriormente expuesto y que se relacionan con el enfoque para abordar este tipo de negocio.

Si bien este sistema productivo, permite el control de las condiciones climáticas ofreciendo la importante ventaja de cultivar determinadas especies, en épocas que al aire libre sería dificultoso o imposible lograrlo. No constituye por sí solo una garantía para el éxito de los resultados.

La disponibilidad de materiales de estructura y cubierta, en particular materiales plásticos con cada vez mejores propiedades térmicas y de resistencia, así como la disponibilidad de equipos y tecnologías de riego,

manejo productivo y de control de variables relevantes, no constituyen una limitación para el cultivo bajo invernadero de ciertas especies.

Sin embargo, no basta con sólo invertir en una instalación que cumpla con los requisitos para el manejo de los factores deseados. Lo importante es realizar el control de estos factores, en forma oportuna y aplicando las técnicas adecuadas requeridas para cada cultivo, zona o tipo de instalación. Pero sobretodo con un uso eficiente de los recursos involucrados, tales como mano de obra y otros insumos.

Ello se vería reflejado directamente en los resultados económicos del negocio. Un correcto manejo conlleva por un lado a no incurrir en gastos excesivos e innecesarios y por otro lado, a obtener positivos resultados productivos, tanto en rendimientos como en calidad, que permitirían asegurar ese mayor valor, por este tipo de productos, en los exigentes y competitivos mercados actuales.

## **2.7 PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE INVERNADEROS**

### **A. Construcción de invernaderos:**

**Selección del área:** Se debe escoger un área de terreno de preferencia plana, lejos de obstáculos naturales (árboles, piedras) o artificiales (casas, muros), que tenga una moderada circulación de aire y que reciba los rayos solares durante la mayor parte del día. Además debe estar cerca de la vivienda y a una fuente de agua potable o de acequia.

**1. Limpieza y nivelación del terreno:** Antes de la construcción del invernadero el terreno debe estar libre de malezas, arbustos o piedras, y la superficie debe estar nivelada para evitar problemas de acumulación de agua y desperdicio de materiales en su construcción.

**2. Delimitación y cuadrado del área de construcción:** Es necesario cuadrar la estructura antes de armarla para lo cual se obtiene ángulos rectos en cada esquina usando estacas, piola plástica y una escuadra.



**Figura N° II.3** Trazo y replanteo

**4. Nivelación de la estructura del invernadero:** Para garantizar un armado adecuado y futura deterioro de la estructura del invernadero se debe realizar una nivelación de la estructura de madera, para lo cual se utiliza un nivel de piola o la burbaja de una de manguera transparente. Esta nivelación se realiza a los postes esquineros de la estructura, y luego al resto de postes.

**5. Selección, clasificación y preparación de la madera:** La madera debe ser clasificada en base al grosor, tamaño y rectitud de cada pieza. Los postes que van en contacto con el suelo deben ser pintados con alquitrán para retrasar su pudrición por la humedad. Es necesario que todos los postes deben estar retirados la corteza.

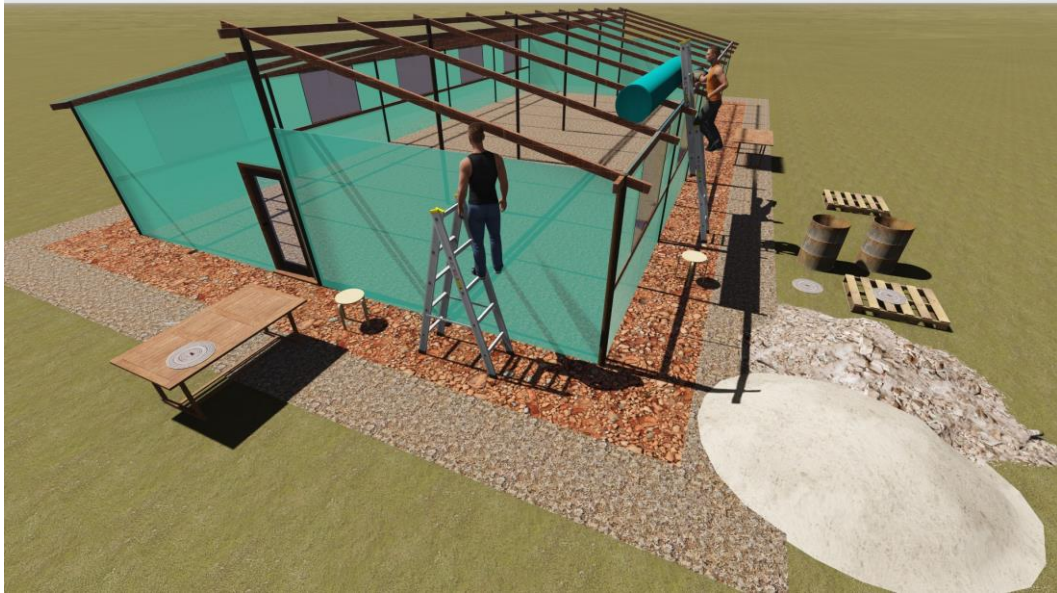
**6. Colocación de postes laterales y centrales:** Colocadas las 4 esquinas de la estructura, se debe colocar postes laterales de 3 metros cada 1.65 metros, enterrándolos a 0.50 metros y para los postes centrales de 4 metros se debe colocar cada 5 metros y enterrarlos a 0.50 metros.



**Figura N° II.4** Colocación de columnas de madera

**7.- Colocación de largueros, cargueros y cumbrero de la estructura:** Sobre los postes laterales se ubican los largueros, los cuales son postes de 5 metros destajados en los puntos de unión con los postes laterales. De igual manera se debe colocar dos pingos de 5 metros sobre los postes centrales formando así el cumbrero, el cual se encuentra a 1 metro de altura de diferencia que los postes laterales.

**8. Colocación de cargueros:** Encima de los postes laterales se colocan vigas de 6 metros de largo en el lugar de unión con los postes verticales. Se deben colocar 7 largueros, los cuales soportarán el peso de las hortalizas y no permitirán que la estructura del invernadero no se deforme.



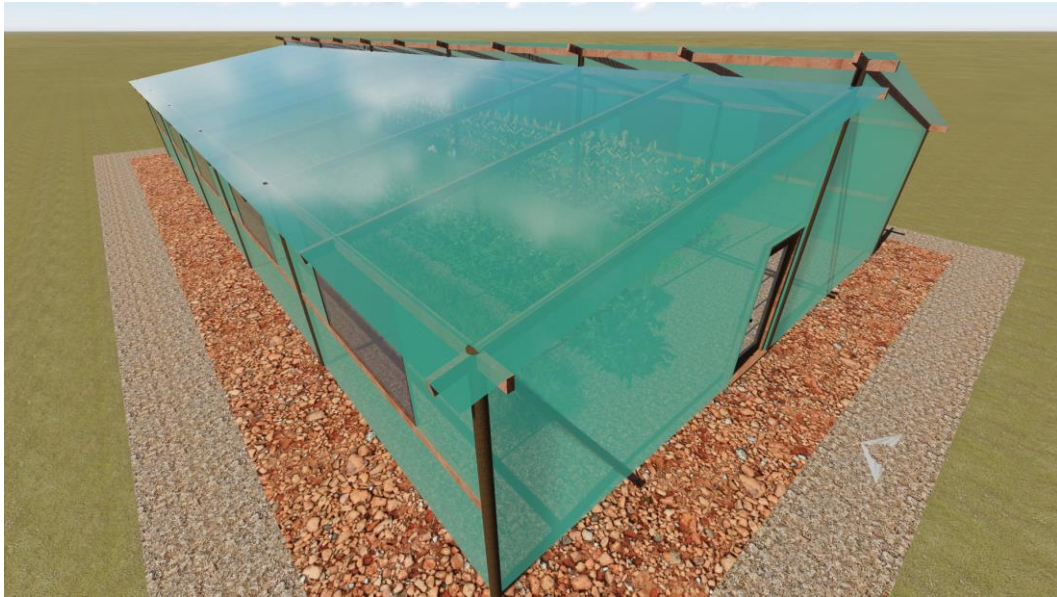
**Figura N° II.5** Colocación de vigas laterales, cargueros y cumbrero

**9. Colocación de varillas en el techo:** Para dotar al techo de una forma circular se colocarán 7 varillas N° 10 de 6 metros de largo introducidas en manguera de luz de media pulgada. Estas varillas serán dobladas y clavadas en cada poste vertical.

**10. Instalación del sistema de tutoreo:** A lo interno y a lo largo del invernadero se colocan 6 hileras de alambre galvanizado entre 50 y 60 cm de distancia sujetadas a las cargueras laterales de la estructura.

**11. Colocación de plástico de invernadero en techo, faldones, cortinas y culatas:** Hay que realizar el corte del plástico, obteniendo pedazos de 12.50 x 6 metros para el techo, 10.50 x 6 metros para cortina y faldones, y 3.50 x 6 metros para las culatas.

Los diferentes cortes de plástico serán sujetados a la estructura del invernadero mediante tiras de madera de monte.

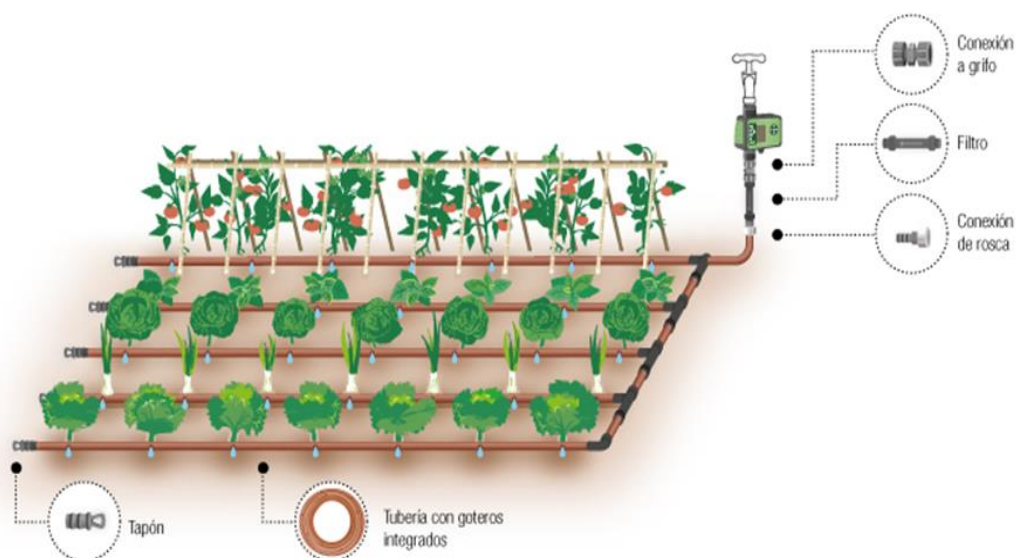


**Figura N° II.6** Ubicación de postes en el invernadero

B. Instalación del sistema de riego:

- 1. Selección del lugar para torre para tanque:** Se debe seleccionar un lugar cerca al invernadero para la construcción de la torre de elevación, la cual albergará al tanque plástico a una altura de 2.50 a 3 metros de alto. En terrenos con pendientes pronunciadas el tanque puede estar a menor altura.
- 2. Instalación de la tubería matriz o madre:** Desde la torre de elevación hasta el invernadero se debe abrir una zanja de 25 cm de ancho y 25 cm de profundidad en la cual se colocará la manguera de 1 pulgada.
- 3. Conexión del tanque a tubería matriz:** Para conectarlos es necesario perforar el tanque y utilizar un adaptador, adicionalmente se coloca una válvula de 1 pulgada a poca distancia del invernadero para abrir o cerrar la circulación de agua en el sistema.

**4. Instalación de las cintas de goteo:** A la tubería matriz se le perfora y se coloca pedazos de manguera de 8 mm (manguera espagueti) de 0.50 metros. De igual manera se perfora la cinta de goteo de 10 metros de largo y se introduce la manguera de 8 mm. Realizada esta conexión se debe sellar los extremos de la cinta. Se colocan dos cintas de goteo por cada cama y una en cada media cama, en total 8 cintas por invernadero.



**Figura N° II.7** Instalación del sistema de riego por goteo

Para construir los modelos 1 y 2 se siguen los procedimientos que se indican a continuación. Para el modelo 3 el procedimiento es ligeramente diferente ya que usa para el techo material de aluminio que se proyecta hasta el piso.

1. Conseguir los materiales para la construcción: cemento, hormigón, piedra mediana, madera, fibras de vidrio, mallas, pinturas, etc.
2. Definir la orientación del invernadero (este-Oeste) y proceder a la nivelación y marcado del terreno para el cimiento.
3. Abrir las zanjas para el cimiento.

4. Tratar las maderas que irán fijadas en el cimiento y sobre cimiento hasta una altura de 70 cm para evitar la pudrición.
5. Llenar las zanjas con una dosificación de concreto de 1:10 + 30% de piedras medianas y colocar las columnas de madera de 3" x 3" a una distancia de 3 metros entre sí (como se muestra en los planos adjuntos). Todas estas columnas deben estar completamente alineadas y niveladas.
6. Encofrado y desencofrado: Una vez seco el cimiento se procede a encofrar el sobre cimiento y al vaciado del mismo con una dosificación de concreto de 1:8 + 25% de piedra mediana; este sobre cimiento se hace para proteger la madera contra las lluvias y la humedad. Se deben colocar taquitos de madera en el sobre cimiento con el propósito de poder fijar el terrado sobre el cimiento. Una vez seco el concreto del sobre cimiento se procede al desencofrado.
7. Construcción de tijerales: Los detalles de los tijerales se muestran en los planos. Se debe seleccionar la madera más resistente y recta para el armado de los tijerales. Los cortes de la madera tienen que ser exactos para una mejor rigidez del elemento.
8. Armar toda la estructura de las paredes con listones de 2" X 3".
9. Colocar los tijerales y listones para fijar las fibras de vidrio.
10. Una vez terminada de armar la estructura se procede a pintar con el propósito de no manchar las mallas y fibras de vidrio.
11. Colocar las fibras de vidrio con los clavos de aluminio y esponjas para sellar todos los huecos dejados por la ondulación de las fibras de vidrio. Las fibras deben estar traslapadas por lo menos en tres canales para un mejor sellado para evitar el ingreso de insectos o de la lluvia.

12. Colocar la malla antiáfidos en todo el perímetro del invernadero para los modelos 1 y 2 y en los frentes para el modelo 3. La malla se coloca con grapas disparadas por unas pistolas especiales y debe quedar bien templada.

13. Colocar las puertas y listones para proteger las mallas.

### **Parámetros para la localización y construcción de un invernadero**

El diseño de invernaderos se ha enfocado hacia el desarrollo de cultivos en ambientes con temperaturas relativamente extremas, como en verano e invierno en climas templados.

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.

Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptimas.

## **Parámetros para la localización de un invernadero**

Sanidad del terreno.

Fertilidad del terreno.

Drenaje del terreno.

Disponibilidad y calidad de agua de riego.

Cercano a la vivienda del productor y con buena vías de acceso.

Historial de la información climática de la zona.

Alejado de caminos o zonas polvorientas.

Adecuada ventilación.

Luminosidad.

Pendiente del terreno.

Orientación.

## **Parámetros para la construcción de un invernadero**

Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados.

Tipo y el peso de la cubierta.

Luminosidad.

Limpieza de mantenimiento para mejorar la transmisión de la luz.

Dimensión.

Dirección e intensidad de los vientos.

Orientación.

### **Propuesta de riego**

**Está en página 76 y 77 y se adjunta cálculo**

**Consideración de aspectos de calefacción- ventilación. Cálculos de calentamiento natural de la instalación. Precipitación, humedad y la temperatura en los dos casos.**

Dentro de invernadero ocurre los siguiente fenómeno, las hortalizas haciendo un proceso fisiológico generan ambiente condicionado con aire húmeda, el invernadero también cumple la función de no dejar ingresar aire seca, plagas de insectos que causan daños y transmite diversas enfermedades. El aire fría ingresa por las ventana al invernadero, haciendo lo siguiente por su peso se ubica en el parte inferior y aire caliente en la parte superior logrando salir al inferior del invernadero por la ventana cubierta por malla ante acido.

En los dos casos la humedad y temperatura se controla por el ingreso de aire seca y salida aire caliente, en caso de precipitación es nula dentro del invernadero, la dotación de agua es mediante sistema de riego por goteo.

**En el resultado detalle los cálculos y aplicación matemática utilizado**

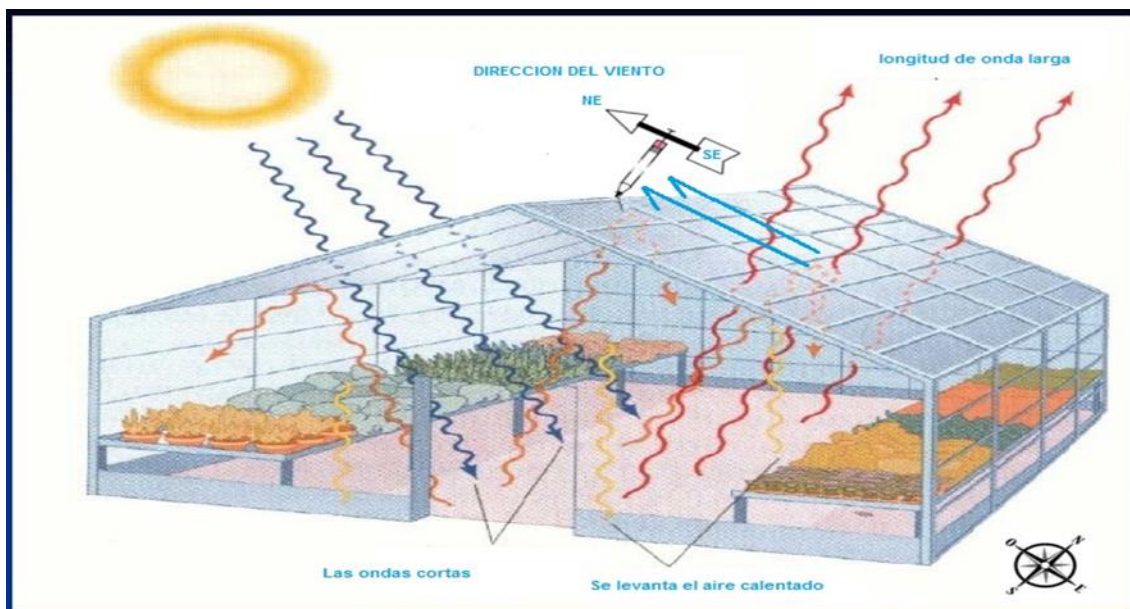
Cálculos adjunto en anexo. Calculo vigas, etc

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 MODELO DE DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 2760 M.S.N.M.**

Existen muchos modelos con los que se obtienen buenos resultados. Unos modelos se construyen sobre la superficie y otros son semisubterráneos porque se construyen excavando el suelo. Estos invernaderos pueden ser de carácter familiar, comercial o industrial.

El modelo de invernadero que se consideró para el presente estudio es Invernadero de dos Caídas o dos Aguas para lo cual se realizó el diseño arquitectónico, diseño estructural, teniendo en cuenta el clima y suelo de la zona del estudio para la producción. El plano de ubicación se muestra en la lámina U-01 en el ANEXO IV. Planos.



**Figura N° III.1:** Orientación del sol, viento y Norte Magnético.

## 3.2 DISEÑO DE INVERNADERO CON ADOBE

### 3.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE DOS CAÍDAS O DOS AGUAS

El invernadero tiene 10m de ancho y 20m de largo, con una altura mayor en la cumbre de 3.80 m, la altura menor en la cumbre de 3.50m y la altura en los aleros de 2.60m. Para una buena ventilación cuenta con 04 ventanas metálicas de 2.00m de ancho por 1.20m de alto colocadas en ambos lados laterales y una puerta metálica de 2.00m de altura por 1.00m de ancho. Los detalles de construcción se encuentran en el plano arquitectónico. **Anexo IV: Ver Plano C-01.**

### 3.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Los materiales utilizados son materiales de bajo costo como adobe, piedras, barro, rollizos y techo de Agrofilm C8 de invernadero. Este material viene de 6 m. de ancho, por lo que no es necesario costurar para el techado.

- Las piedras serán medianas y redondeadas entre 10 a 20 cm y con un peso aproximado de 3 kg.
- Tierra cernida más o menos arcillosa
- Adobes de barro con paja, las medidas son alto 10 cm, ancho 20 cm. y largo 40 cm.
- Listones/viguetas rectangulares de 4 por 6 pulgadas, madera tornillo.
- Puerta metálicas cubierta con malla antiafida de 2.00 m. de altura x 1.00 m. de ancho.
- Cubiertas de ventana de cumbrera de malla antiafida
- Ventanas metálicas con apertura pivotante de 2.00 m. de ancho por 1.20 m de alto. Colocar la malla antiafida bien tesado con la ayuda de pernos y platino
- Rollizos de 4 pulgadas de diámetro y 4.00m de largo para las columnas centrales.
- Alambre de amarre número 16.
- Para sujetar el agofilm a las viguetas, grapas para madera.

### **3.2.3. CÁLCULOS DE INGENIERÍA**

Los cálculos de ingeniería se desarrollaron basándose en las norma peruanas como E.010 (Madera), E.020 (Cargas), E.030 (Diseño sismo resistente), E.080 (Adobe) y otros. **Anexo I.1:** Ver los cálculos de ingeniería (Viguetas, Soleras/vigas cumbrera, Columnas y Muros).

### **3.2.4. METRADOS**

Los metrados de los elementos de la estructura se muestran en el **Anexo**

### **3.2.5. PRESUPUESTO**

El presupuesto total del proyecto del invernadero se muestra en el **Anexo**

### **3.2.6. INSUMOS**

Los insumos que son necesarios para la construcción del proyecto del invernadero se muestran en el **Anexo I.4.**

### **3.2.7. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

También el análisis de costos unitarios se muestra en el **Anexo I.5.**

## **3.3 DISEÑO DE INVERNADERO CON ROLLIZOS**

### **3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE DOS CAÍDAS O DOS AGUAS**

El invernadero tiene 10m de ancho y 20m de largo, con una altura mayor en la cumbrera de 3.80 m, la altura menor en la cumbrera de 3.50m y la altura en los aleros de 2.60m. Para una buena ventilación cuenta con 05 ventanas metálicas de 2.00m de ancho por 1.20m de alto colocadas en ambos lados laterales y una puerta metálica de 2.00m de altura por 1.00m de ancho. Los detalles de construcción se encuentran en el plano arquitectónico. **Anexo IV, Ver Plano C-02.**

### **3.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

Los materiales utilizados son rollizos para las columnas, viguetas y soleras/cumbreras de madera tornillo, cubiertas longitudinales, laterales y techo de Agrofilm C8 de invernadero. Este material viene de 6 m. de ancho, por lo que no es necesario costurar para el techado.

- Soleras/viguetas rectangulares de 4 por 8 pulgadas, madera tornillo.
- Puerta metálicas cubierta con malla antiafida de 2.00 m. de altura x 1.00 m. de ancho.
- Cubiertas de ventana de cumbrera de malla antiafida
- Ventanas metálicas con apertura pivotante de 2.00 m. de ancho por 1.20 m de alto. Colocar la malla antiafida bien tesado con la ayuda de pernos y platino
- Rollizos de 4 pulgadas de diámetro de 3.80m y 2.60mm de largo para las columnas centrales y laterales.
- Alambre de amarre número 16.
- Para sujetar el agrofilm a las viguetas, grapas para madera.

### **3.3.3 CÁLCULOS DE INGENIERÍA**

Los cálculos de ingeniería se desarrollaron basándose en las norma peruanas como E.010 (Madera), E.020 (Cargas), E.030 (Diseño sismo resistente) y otros. **Anexo II.1:** Ver los cálculos de ingeniería (Viguetas, Soleras/vigas cumbrera y Columnas).

### **3.3.4 METRADOS**

Los metrados de los elementos de la estructura se muestran en el **Anexo**

### **3.3.5 PRESUPUESTO**

El presupuesto total del proyecto del invernadero se muestra en el **Anexo**

### 3.3.6 INSUMOS

Los insumos que son necesarios para la construcción del proyecto del invernadero se muestran en el **Anexo II.4.**

### 3.3.7 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

También el análisis de costos unitarios se muestra en el **Anexo II.5.**

## 3.4 DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA(VAN Y TIR)

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permite evaluar la rentabilidad del proyecto.

**VALOR ACTUAL NETO (VAN)** es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

$VAN > 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$VAN < 0 \rightarrow$  el proyecto no es rentable.

TABLA N° III. 1

**INGRESO NETO INCREMENTAL A PRECIO DE  
MERCADO  
ALTERNATIVA I**

AÑOS	BENEFICIOS	COSTOS DE	BENEFICIOS
		INVERSION	NETOS
0	0.00	40,858.99	-40,858.99
1	7,224.55	0.00	7,224.55
2	7,224.55	0.00	7,224.55
3	7,224.55	0.00	7,224.55
4	7,224.55	0.00	7,224.55
5	7,224.55	0.00	7,224.55
6	7,224.55	0.00	7,224.55
7	7,224.55	0.00	7,224.55
8	7,224.55	0.00	7,224.55
9	7,224.55	0.00	7,224.55
10	9,617.55	0.00	9,617.55
	<b>10%</b>	<b>VAN</b>	<b>-5,398.63</b>
		<b>TIR</b>	<b>12.43%</b>

JENTE: ELABORACION PROPIA

<b>VP O+M</b>	<b>0.00</b>
---------------	-------------

TABLA N° III. 2

**INGRESO NETO INCREMENTAL A PRECIO DE  
MERCADO  
ALTERNATIVA II**

AÑOS	BENEFICIOS	COSTOS DE	BENEFICIOS
		INVERSION	NETOS
0	0.00	34,997.05	-34,997.05
1	7,224.55	0.00	7,224.55
2	7,224.55	0.00	7,224.55
3	7,224.55	0.00	7,224.55
4	7,224.55	0.00	7,224.55
5	7,224.55	0.00	7,224.55
6	7,224.55	0.00	7,224.55
7	7,224.55	0.00	7,224.55
8	7,224.55	0.00	7,224.55
9	7,224.55	0.00	7,224.55
10	9,617.55	0.00	9,617.55
	<b>10%</b>	<b>VAN</b>	<b>10,317.30</b>
		<b>TIR</b>	<b>16.35%</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

<b>VP O+M</b>	<b>0.00</b>
---------------	-------------

TABLA N° III. 3

**INGRESO NETO INCREMENTAL A PRECIO DE  
MERCADO  
ALTERNATIVA II**

AÑOS	BENEFICIOS	COSTOS DE	BENEFICIOS
		INVERSION	NETOS
0	0.00	40,858.99	-40,858.99
1	7,312.53	0.00	7,312.53
2	7,312.53	0.00	7,312.53
3	7,312.53	0.00	7,312.53
4	7,312.53	0.00	7,312.53
5	7,312.53	0.00	7,312.53
6	7,312.53	0.00	7,312.53
7	7,312.53	0.00	7,312.53
8	7,312.53	0.00	7,312.53
9	7,312.53	0.00	7,312.53
10	9,705.53	0.00	9,705.53
	<b>10%</b>	<b>VAN</b>	<b>-4,973.42</b>
		<b>TIR</b>	<b>12.71%</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

<b>VP O+M</b>	<b>0.00</b>
---------------	-------------

TABLA N° III. 4

**INGRESO NETO INCREMENTAL A PRECIO DE  
MERCADO  
ALTERNATIVA I**

AÑOS	BENEFICIOS	COSTOS DE	BENEFICIOS
		INVERSION	NETOS
0	0.00	34,997.05	-34,997.05
1	7,312.53	0.00	7,312.53
2	7,312.53	0.00	7,312.53
3	7,312.53	0.00	7,312.53
4	7,312.53	0.00	7,312.53
5	7,312.53	0.00	7,312.53
6	7,312.53	0.00	7,312.53
7	7,312.53	0.00	7,312.53
8	7,312.53	0.00	7,312.53
9	7,312.53	0.00	7,312.53
10	9,705.53	0.00	9,705.53
	<b>10%</b>	<b>VAN</b>	<b>10,857.89</b>
		<b>TIR</b>	<b>16.67%</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

<b>VP O+M</b>	<b>0.00</b>
---------------	-------------

#### IV. DISCUSIÓN

De hecho el horticultor intenta, a través de su invernadero, modificar el clima local para satisfacer mejor las necesidades de sus cultivos (principalmente tomate, pimiento...) en cualquier estación del año.

En invierno, el efecto invernadero es la primera justificación de las estructuras de protección: durante un período que puede durar desde unas pocas semanas hasta algunos meses dependiendo de la situación, la temperatura nocturna limita el cultivo de plantas que requieren calor, interrumpe la producción y disminuye la calidad.

En verano, el papel del invernadero es más complejo: a pesar de que la protección reduce considerablemente la radiación incidente, que a menudo puede ser excesiva (efecto de sombreo), la temperatura del invernadero puede mantenerse con dificultad dentro de los límites aceptables por el cultivo: éste es actualmente uno de los problemas más serios de la técnica. Merece mencionarse el efecto cortavientos, pues actúa, sobre todo en zonas áridas a dos niveles: reduce los efectos mecánicos del viento y mejora las condiciones higrométricas dentro de los invernaderos.

"La cubierta actúa como reductor de la evapotranspiración de los cultivos: en el invernadero alcanza aproximadamente el 70 % de la registrada en el

exterior en un cultivo de invierno, mientras que el consumo de agua por kg de fruto puede ser la mitad (por ejemplo en tomate)."

Cuando los vientos secos y cálidos barren las zonas áridas, por ejemplo el Chergui en Marruecos, el Siroco en Argelia, el Khamsin en Egipto, " se cierran las estructuras de protección y la evaporación de la cubierta vegetal hace que la humedad relativa del invernadero aumente considerablemente y que la temperatura suba ligeramente si es que sube (efecto de refrigeración por evaporación). El efecto perjudicial del Chergui (alta temperatura, aire seco) se reduce apreciablemente".

Cuando prevalecen las condiciones de vientos cálidos y secos la reducción de ETP y consecuentemente, la reducción de las necesidades hídricas de las plantas, es incluso mayor que bajo condiciones normales.

El papel principal de los invernaderos en la región Mediterránea varía con el clima; consiste en mejorar las condiciones de temperaturas necesarias para producir fuera de estación (se pretende intensificar la producción alargando el período de cultivo intensivo), o bien en permitir un uso mejor del agua disponible, siendo este efecto nada despreciable y capaz de mejorar considerablemente la producción.

## **NUEVAS TENDENCIAS E INNOVACIONES**

La tendencia actual es hacer los invernaderos más altos, por múltiples razones se está privilegiando una mayor relación volumen superficie, entre las cuales se menciona la de obtener una mayor inercia térmica (calentamiento y enfriamiento más lento), generando con ello un ambiente más estable. De ahí que en las estructuras modernas se considere adecuada una altura a la canaleta de 4m a 5 m, siendo la máxima entre 6m y 7m.

En lo que respecta a las cubiertas, definitivamente otros países se han inclinado por el uso de polietilenos con aditivos anti UV que le confiere una mayor durabilidad (dos a tres temporadas); como también le han incorporado al polietileno algunos componentes que le confieren propiedades térmicas como es el caso del acetato de vinilo, o etilen vinil acetato EVA, en proporción de 15 a 18 %, o bien como componente intermedio en los plásticos tricapas, lo que permite retener la radiación térmica (calor) en el interior de los invernaderos, manteniendo mayor temperatura y por tanto otorgando una mayor protección contra las heladas. Otros avances dicen relación con los aditivos antigoteo, permitiendo que el agua que condensa en la cara interior de la cubierta, escurra hacia los lados y finalmente difusores de luz, que minimizan la sombra y evitan el efecto lupa.

La suma de las características anteriores se traduce en una cubierta de mejor calidad y mayor duración y por ende se produce una disminución en el costo por metro cuadrado de invernadero al no tener que cambiar la cubierta todos los años. La relación costo beneficio de una cubierta térmica versus una no térmica, hay que hacerla, entre otras, sobre la base de parámetros productivos como adelanto de las cosechas, mayores volúmenes cosechados en la etapa inicial de producción y disminución del riesgo de heladas.

Cabe mencionar que el uso de una cubierta de dos temporadas, respecto al plástico de una temporada, implica un mayor compromiso con el manejo de la temperatura, pues era habitual que avanzada la temporada el agricultor procedía a romper el plástico del invernadero para permitir una mayor ventilación y evitar un exceso de temperatura.

En lo relativo a los sistemas de control, con la tecnología existente hoy es posible, por ejemplo, hacer crecer las plantas en medios inertes; suplementar energía calórica y la disponibilidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); manejar el desarrollo tanto de raíces como de la parte aérea;

controlar la aplicación de nutrientes y su consumo; además, de establecer la cantidad de agua que la planta requiere diariamente.

Un sistema de climatización regularmente contempla un controlador central y una red de sensores estratégicamente dispuestos en el invernadero, que entregan información de temperatura ambiente, concentración de anhídrido carbónico, y radiación solar, entre otros parámetros.

Asimismo, un sistema de control de riego y fertilización recoge información acerca de la cantidad y distribución del agua y fertilizantes, niveles de conductividad eléctrica y pH, además de los contenidos de nutrientes de la solución nutritiva. Pese a que esta tecnología está disponible y su uso está en aumento, aún no está lo suficientemente difundida, y requiere de avances en la modelación de los procesos.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- 1) Se diseñó un prototipo de invernadero sostenible para la producción de hortalizas en Pampa del arco – Ayacucho en dos alternativas; una con muros de adobe y techo con plásticos agrofilm y la otra alternativa con columnas de rollizo de eucalipto protegido con plástico agrofilm.
- 2) Se diseñó arquitectónicamente en función a las características climáticas un invernadero sostenible para la producción de hortalizas en Pampa del Arco - Ayacucho.
- 3) Se diseñó estructuralmente los elementos de soporte del invernadero sostenible basándose en las norma peruanas como E.010 (Madera), E.020 (Cargas), E.030 (Diseño sismo resistente), E.080 (Adobe) y otros.
- 4) Se determinó la factibilidad económica para invernadero con muro de madera (VAN= S/.-4,793.73 y TIR=12.90%), resulta no viable para su inversión y ejecución. Para invernadero con postes de rollizo (VAN= S/. 411,346.12 y TIR=16.78%) en la producción de hortalizas resulta viable para su inversión y ejecución.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- 1) La preparación del suelo deberá ser a una profundidad de 25 a 35 cm esto ayudara a retener mayor agua de lluvia y evitar la excesiva evapotranspiración.
- 2) Para su ejecución se recomienda un especialista en el área, con la finalidad de proponer estructuras adecuadas para un buen funcionamiento.
- 3) Para los cálculos de ingeniería se recomienda trabajar con la RNE que tiene por objeto normas los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución, con el fin de asegurar la calidad de la edificación.
- 4) Se recomienda realizar un reporte de recorrido virtual 3D en medio magnético en CD o DVD en formato VCD, Podrá mirar en cualquier dirección, acercarse y alejarse, e incluso interactuar con distintos puntos del lugar y es la mejor forma de mostrarlo a los clientes para todo tipo de estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alvarado. P., Urrutia G. 2000. Invernaderos: Materiales, tipos, zonas aptas, tendencias e innovaciones. Revista el Agroeconómico de la Fundación Chile, Santiago de Chile.
2. AAIC 2004. Diseño, construcción y mantenimiento de invernadero de madera, 2da Edición, Editorial abaya yala – Ecuador.
3. Castilla. N. 2007. Invernadero de plástico, tecnología y manejo, 2da edición, editorial Mundi - persa, Madrid Barcelona, pag 122.
4. Duarte, R. 1997. Diseño de Invernaderos para la Producción de Semillas de papa en condiciones de Sierra. Centro Internacional de la Papa, Lima. Fasc. 4.4 – 97.
5. Fernández, M. (et al.). 2014. Suelo y medio ambiente en invernadero. Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 5Ta ed. Sevilla. 135pp.
6. García, R., Pérez, J. 2012. Invernaderos, innovación para la productividad. CUADERNOS DE ESTUDIOS AGROALIMENTARIOS. Pp. 07-22,
7. Huayhua F. 2013. Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda alto andina del Perú. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, Perú.
8. Matallana, A. 2014 Diseño y construcción de invernaderos, Ed. MUNDI PRENSA Madrid, España. 432 pp.

9. Moreno, A. 2013. Mantenimiento y manejo de invernadero 1ra edición, editorial paraninfo. S.A.- España.
10. Ribero. N. 2011. Manejo y mantenimiento de invernaderos, 1ra edición, editorial INNOVA 2011 – Málaga.
11. Serrano Z. 2005. Construcción de invernaderos Ediciones Mundiprensa, tercera edición revisada; Madrid, España. 488 pp.
12. Serrano, Z. 1999. Tipos de invernaderos y materiales utilizados para su construcción. Vergel Nro. 2, Madrid. 248pp.
13. Toovy F.M. 2005. Construcción de invernaderos comerciales Manuales de colección agropecuaria, México. 472pp.
14. Valera. D; Molina. F; Gil robes. J 1999. Los invernaderos de almería: Tipología y mecanización del clima 284p, editorial impresiones escobar. S. L – Almería.
15. Zanabria, P. Invernaderos sostenibles para la producción de hortalizas en zonas alto andinas del cusco. Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cuzco, 2014. Informe final.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I: DISEÑO DE INVERNADERO CON ADOBE**

## **ANEXO I.1: DISEÑOS DE INGENIERIA**

## DISEÑO DE VIGUETAS

### 1.- BASES DE CALCULO

a) Se usara madera TORNILLO del grupo C

b) Cargas a considerarse

Espaciamiento vigueta= 2.5 m

**Carga Muerta:**

\* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro. 0.18 kg/m<sup>2</sup>

0.45 kg/m

\* Peso de la vigueta b x h

9 19 cm

15.39 kg/m

Tabla: 13.8 P.P madera

4 8 pulg.

Grupo C:900 kg/m<sup>3</sup>

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**Carga Viva:**

\* S/C

75 kg /m Artub 7: 7.1 d) =30 kg/m<sup>2</sup>

Wt= 90.84 kg/m RNE: E-020

### 2. EFECTOS MAXIMOS

La viga esta simplemente apoyada (luz entre caras de apoyo)

L= 5.00 m

$$\text{Momento máximo} = M_{máx} = \frac{wL^2}{8} = 283.875 \text{ kg.m}$$

$$\text{Cortante máximo} = V_{máx} = \frac{wL}{2} = 227.1 \text{ kg}$$

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTECIDAD

Para vigueta:

Madera TORNILLO del Grupo C Tabla 13.2

Para viguetas se usa E prom y los esfuerzos de corte y flexion pueden incrementar en 10%

E prom= 90,000 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>m</sub>= 110 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>v</sub>= 8.8 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>c</sub>= 15 kg/cm<sup>2</sup>

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>min</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c⊥</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. MOMENTO DE INERCIA I NECESARIO POR LIMITACION DE DEFLEXIONES. PARA UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

$$\Delta = \frac{5 wL^4}{384 EI} < \frac{L}{k}$$

despejando I, tenemos

$$I > \frac{5 wL^3 k}{384 E}$$

**TABLA 8.1. DEFLEXIONES MAXIMAS ADMISIBLES**

Carga actuante	(a) con cielo raso de yeso	(b) sin cielo raso de yeso
Cargas permanentes + sobrecargas	L/300	L/250
Sobrecarga	L/350	L/350

$$\Delta_{max} = \frac{L}{K} \text{ (según Tabla 8.1)}$$



**Figura 8.1 Limitación de deflexiones**

Para considerar las deformaciones diferidas al calcular el momento de inercia necesario por deflexiones, es posible usar directamente la fórmula anterior utilizando una carga equivalente como la siguiente:

$$w_{equivalente} = 1.8 w_d + w_1 \text{ (sólo para el cálculo de deflexiones)}$$

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

En este caso:

$$W_{eq} = 103.512 \text{ kg/m}$$

Para la carga total K= 250

$$I > 4679.90 \text{ cm}^4$$

Para la sobre carga K= 350

$$I > 4747.18 \text{ cm}^4$$

Consideran el mayor de los dos: I necesario.

$$I_{necesario} = 4747.18 \text{ cm}^4$$

**5. MODULO DE SECCION Z NECESARIO POR RESISTENCIA**

$$Z > \frac{M}{f_m} = 258.07 \text{ cm}^3$$

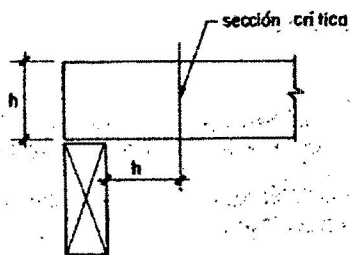
6. En la Tabla 13.1 observemos que una sección de 9 cm x 19 cm satisface los requisitos de momentos de inercia I y modulo de sección Z

$$b = 9 \text{ cm}$$

$$h = 19 \text{ cm}$$

Z requerid=	258.07 cm <sup>3</sup>	<	Z(9,19)=	541.5 cm <sup>3</sup>	OK
I requerid=	4747.18 cm <sup>4</sup>	<	Z(9,19)=	5144.2 cm <sup>4</sup>	OK

## 7. VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE



Sección crítica para verificación de esfuerzos de corte

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 227.1 \text{ kg} \\ w &= 90.84 \text{ kg/m} \\ h &= 19 \text{ cm} \\ b &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_h = V_{\max} - wh = 209.84 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo constante} = \frac{1.5 V_h}{bh} = 1.84 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## 8. RESULTADOS

Las dimensiones de la VIGUETA son:  $b = 9 \text{ cm}$   $h = 19 \text{ cm}$

Las dimensiones de la VIGUETA son:  $b = 4 \text{ pulg.}$   $h = 8 \text{ pulg.}$

TABLA 13.8 PESO PROPIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Descripción	kg/m <sup>3</sup>	Descripción	kg/m <sup>3</sup>
Madera tropical al 30 % de contenido de humedad		Albañilería de adobe	1600
Grupo A	1100	Albañilería de ladrillo ordinario	1800
Grupo B	1000	Albañilería de ladrillo hueco	1450
Grupo C	900	Albañilería de cal y arena	1800
Acero de construcción	7850	Albañilería de ladrillo prensado	2200
Aluminio	2750	Albañilería de ladrillo refractorio	1900
Cobre laminado	8900	Albañilería de ladrillo calcáreo	1600
Zinc laminado	7200	Mortero cal	1700
Latón	8500	Mortero yeso	1200
Hierro colado	7250	Mortero cal y cemento	1900
Mampostería de piedra caliza	2400	Mortero de cemento	2100
Mampostería de mármol	2700	Concreto simple no armado (normal)	2300
Tierra	1800	Concreto fresco (normal)	2400
Gravas y arena secas	1600	Concreto armado (normal)	2400
Piedra caliza, dolomita	2800	Concreto de piedra pómez	1600
Piedra arenisca	2600	Concreto de escoria de caldera con un máximo de 1/3 de arena añadida	1600
Travertino	2400	Concreto de ladrillo machacado	1800
Arcilla en masa (adobes)	2100	Agua	1000
Arcillas con paja	1700		

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**TABLA 13.1 PROPIEDADES DE ESCUADRIA**

Dimensiones		Area cm <sup>2</sup>	Eje X		Eje Y		m <sup>3</sup> de madera porm (*) m <sup>3</sup> / m	Feno por m (**)		
Real b x h cm	Equivalente Comercial b x h pulg		I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		Grupo		
								A kg/m	B kg/m	C kg/m
1.5 x 2	3/4 x 1	3.0	1.0	1.0	0.6	0.7	0.00048	0.33	0.30	0.27
1.5 x 4	3/4 x 2	6.0	8.0	4.0	1.1	1.5	0.00097	0.66	0.60	0.54
1.5 x 6.5	3/4 x 3	9.7	34.3	10.6	1.8	2.4	0.00144	1.07	0.97	0.88
1.5 x 9	3/4 x 4	13.5	91.1	20.2	2.5	3.3	0.00193	1.48	1.35	1.21
1.5 x 14	3/4 x 6	21.0	343.0	49.0	3.9	5.2	0.00290	2.31	2.10	1.89
1.5 x 19	3/4 x 8	28.5	857.4	90.2	5.3	7.1	0.00387	3.13	2.85	2.56
1.5 x 24	3/4 x 10	36.0	1728.0	144.0	6.7	9.0	0.00484	3.96	3.60	3.24
1.5 x 29	3/4 x 12	43.5	3048.6	210.2	8.1	10.9	0.00580	4.78	4.35	3.91
2 x 2	1 x 1	4.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.00064	0.44	0.40	0.36
2 x 4	1 x 2	8.0	10.7	5.3	2.7	2.6	0.00130	0.88	0.80	0.72
2 x 6.5	1 x 3	13.0	45.8	14.1	4.3	4.3	0.00193	1.43	1.30	1.17
2 x 9	1 x 4	18.0	121.5	27.0	6.0	6.0	0.00257	1.98	1.80	1.62
2 x 14	1 x 6	28.0	457.3	65.3	9.3	9.3	0.00387	3.08	2.80	2.52
2 x 19	1 x 8	38.0	1143.2	120.3	12.7	12.6	0.00517	4.18	3.80	3.42
2 x 24	1 x 10	48.0	2304.0	192.0	16.0	16.0	0.00644	5.28	4.80	4.32
2 x 29	1 x 12	58.0	4064.8	280.3	19.3	19.3	0.00774	6.38	5.80	5.22
3 x 3	1 1/2 x 1 1/2	9.0	6.7	4.5	6.7	4.5	0.00144	0.99	0.90	0.81
3 x 4	1 1/2 x 2	12.0	16.0	8.0	9.0	6.0	0.00193	1.32	1.20	1.08
3 x 6.5	1 1/2 x 3	19.5	68.6	21.1	14.6	97.5	0.00290	2.14	1.95	1.75
3 x 9	1 1/2 x 4	27.0	182.2	40.5	20.2	13.5	0.00387	2.97	2.70	2.43
3 x 14	1 1/2 x 6	42.0	686.0	98.0	31.5	21.0	0.00580	4.62	4.20	3.78
3 x 19	1 1/2 x 8	57.0	1714.7	180.5	42.7	28.5	0.00774	6.27	5.70	5.13
3 x 24	1 1/2 x 10	72.0	3456.0	288.0	54.0	36.0	0.00967	7.92	7.20	6.48
3 x 29	1 1/2 x 12	87.0	6097.3	420.5	65.2	43.5	0.01161	9.57	8.70	7.83
4 x 4	2 x 2	16.0	21.3	10.7	21.3	10.7	0.00257	1.76	1.60	1.44
4 x 6.5	2 x 3	26.0	91.5	28.2	34.7	17.3	0.00387	2.86	2.60	2.34
4 x 9	2 x 4	36.0	243.0	54.0	48.0	24.0	0.00517	3.86	3.60	3.24
4 x 14	2 x 6	56.0	914.6	130.7	74.7	37.3	0.00774	6.16	5.60	6.04
4 x 16.5	2 x 7	66.0	1497.4	181.5	88.0	49.0	0.00904	7.26	6.60	5.94
4 x 19	2 x 8	76.0	2286.3	240.6	101.3	50.7	0.01031	8.36	7.60	6.84
4 x 24	2 x 10	96.0	4608.0	384.0	128.0	64.0	0.01291	10.56	9.60	8.64
4 x 29	2 x 12	116.0	8129.7	560.6	154.7	77.3	0.01548	12.76	11.60	10.44
5 x 5	2 1/2 x 2 1/2	25.0	52.1	20.8	52.1	20.8	0.00404	2.75	2.50	2.25
5 x 6.5	2 1/2 x 3	32.5	114.4	35.2	67.7	27.1	0.00484	3.57	3.25	2.92
5 x 9	2 1/2 x 4	45.0	303.7	67.5	93.7	37.5	0.00644	4.95	4.50	4.06
5 x 14	2 1/2 x 6	70.0	1143.3	163.3	146.8	58.3	0.00967	7.70	7.00	6.30
5 x 16.5	2 1/2 x 7	82.5	1871.7	226.9	171.9	68.7	0.01128	9.07	8.25	7.42
5 x 19	2 1/2 x 8	95.0	2857.9	300.8	197.9	79.1	0.01291	10.45	9.50	8.55
5 x 24	2 1/2 x 10	120.0	5760.0	480.0	250.0	100.0	0.01612	13.20	12.00	10.80
5 x 29	2 1/2 x 12	145.0	10162.1	700.8	302.1	120.8	0.01935	15.95	14.50	13.05
6.5 x 6.5	3 x 3	42.2	148.7	45.7	148.7	45.7	0.00580	4.64	4.22	3.80
6.5 x 9	3 x 4	58.5	394.9	87.7	206.0	63.4	0.00774	6.43	5.85	5.26
6.5 x 14	3 x 6	91.0	1486.3	212.3	320.4	98.8	0.01161	10.01	9.10	8.19
6.5 x 16.5	3 x 7	107.2	2433.2	294.9	377.6	116.2	0.01354	11.80	10.72	9.65
6.5 x 19	3 x 8	123.5	3715.3	391.1	434.8	133.8	0.01548	13.58	12.35	11.11
6.5 x 24	3 x 10	156.0	7488.0	624.0	549.2	169.0	0.01935	17.16	15.63	14.04
6.5 x 29	3 x 12	188.5	13210.7	911.1	663.7	204.2	0.02322	20.73	18.85	16.96
9 x 9	4 x 4	81.0	546.7	121.5	546.7	121.5	0.01031	8.91	8.10	7.29
9 x 14	4 x 6	126.0	2058.0	294.0	850.5	189.0	0.01548	13.56	12.60	11.34
9 x 16.5	4 x 7	148.5	3361.1	408.3	1002.4	222.7	0.01808	16.33	14.81	13.34
9 x 19	4 x 8	171.0	5144.2	541.5	1154.2	256.5	0.02065	18.31	17.13	15.39
9 x 24	4 x 10	216.0	10368.0	864.0	1458.0	324.0	0.02579	23.76	21.60	19.44
9 x 29	4 x 12	261.0	18291.8	1261.0	1761.7	391.5	0.03096	28.71	26.10	23.49

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## DISEÑO DE VIGAS

### 1.- BASES DE CALCULO

- a) Se usara madera TORNILLO del grupo C  
 b) Cargas a considerarse

**Carga Muerta:**

* Peso propio de la viga:	9    14 cm	11.34 kg/m	Tabla: 13.1
* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro. 0.18 kg/m <sup>2</sup>		0.45 kg/m	
* Peso de la vigueta bxh	9    19 cm	15.39 kg/m	Tabla: 13.8 P.P madera
	4    8 pulg.		Grupo C:900 kg/m <sup>3</sup>
			* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**Carga Viva:**

\* S/C  $\frac{7.5 \text{ kg/m}^2}{\text{Art. 7: 7.1 d)}} = 30 \text{ kg/m}^2$

$W_t = 102.18 \text{ kg/m}$  RNE: E-020

### 2. EFECTOS MAXIMOS

La viga esta simplemente apoyada (luz entre caras de apoyo) L= 2.5 m

Momento máximo =  $M_{m\acute{a}x} = \frac{wL^2}{8} = 79.82813 \text{ kg.m}$

Cortante máximo =  $V_{m\acute{a}x} = \frac{wL}{2} = 127.725 \text{ kg}$

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTECIDAD

Para viga: Madera TORNILLO del Grupo C Tabla 13.2

E <sub>min</sub> =	55,000 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>m</sub> =	100 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>v</sub> =	8 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>c⊥</sub> =	15 kg/cm <sup>2</sup>

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>mín</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c⊥</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

### 4. MOMENTO DE INERCIA

$$I > \frac{5wL^3k}{384 E}$$

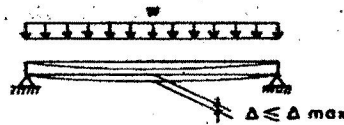
Como las deformaciones totales son las que deben satisfacer la limitación de deflexiones, incluyendo las deformaciones diferidas, la expresión anterior para determinar el momento de inercia necesario puede usarse directamente si es que la carga se modifica multiplicando las cargas permanentes (peso propio, peso muerto o sobrecargas de aplicación permanente) por el mismo factor de incremento de las deformaciones con el tiempo, es decir 1.8. La carga equivalente para el cálculo de la inercia necesaria por limitación de deformaciones sería:

$$w_{\text{equivalente}} = 1.8 w_d + w_l$$

**TABLA 8.1. DEFLEXIONES MAXIMAS ADMISIBLES**

Carga actuante	(a) con cielo raso de yeso	(b) sin cielo raso de yeso
Cargas permanentes + sobrecargas	L/300	L/250
Sobrecarga	L/350	L/350

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{L}{K} \quad (\text{según Tabla 8.1})$$



**Figura 8.1 Limitación de deflexiones**

En este caso:

$$W_{eq} = 123.924 \text{ kg/m}$$

$$\text{Para la carga total } K = 250$$

$$I > 1146.02 \text{ cm}^4$$

$$\text{Para la sobre carga } K = 350$$

$$I > 971.01 \text{ cm}^4$$

Consideran el mayor de los dos:  $I$  necesario.

$$I_{\text{necesario}} = 1146.02 \text{ cm}^4$$

### 5. MODULO DE SECCION Z NECESARIO POR RESISTENCIA

$$Z > \frac{M}{f_m} = 79.828125 \text{ cm}^3$$

6. En la Tabla 13.1 observemos que una sección de 9 cm x 14 cm satisface los requisitos de momentos de inercia  $I$  y modulo de sección  $Z$

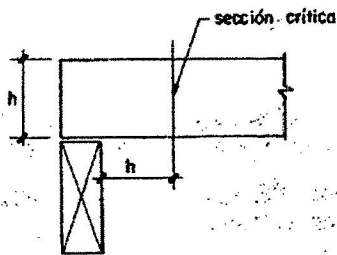
$$b = 9 \text{ cm}$$

$$h = 14 \text{ cm}$$

$$Z_{\text{requerid}} = 79.83 \text{ cm}^3 < Z(9,14) = 294 \text{ cm}^3 \quad \text{OK}$$

$$I_{\text{requerid}} = 1146.02 \text{ cm}^4 < Z(9,14) = 2058 \text{ cm}^4 \quad \text{OK}$$

## 7. VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE



Sección crítica para verificación de esfuerzos de corte

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 127.725 \text{ kg} \\ w &= 102.18 \text{ kg/m} \\ h &= 14 \text{ cm} \\ b &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_h = V_{\max} - wh = 113.42 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \frac{1.5 V_h}{bh} = 1.35 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$f_v = 8 \text{ kg/cm}^2$$

## 8. RESULTADOS

Las dimensiones de la VIGA son:  $b = 9 \text{ cm}$   $h = 14 \text{ cm}$

Las dimensiones de la VIGA/CUMBRERA son:  $b = 4 \text{ pulg.}$   $h = 6 \text{ pulg.}$

**TABLA 13.8 PESO PROPIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

Descripción	kg/m <sup>3</sup>	Descripción	kg/m <sup>3</sup>
Madera tropical al 30 % de contenido de humedad		Albañilería de adobe	1600
Grupo A	1100	Albañilería de ladrillo ordinario	1800
Grupo B	1000	Albañilería de ladrillo hueco	1450
Grupo C	900	Albañilería de cal y arena	1800
Acero de construcción	7850	Albañilería de ladrillo prensado	2200
Aluminio	2750	Albañilería de ladrillo refractorio	1900
Cobre laminado	8900	Albañilería de ladrillo calcáreo	1600
Zinc laminado	7200	Mortero cal	1700
Latón	8500	Mortero yeso	1200
Hierro colado	7250	Mortero cal y cemento	1900
Mampostería de piedra caliza	2400	Mortero de cemento	2100
Mampostería de mármol	2700	Concreto simple no armado (normal)	2300
Tierra	1800	Concreto fresco (normal)	2400
Gravas y arena secas	1600	Concreto armado (normal)	2400
Piedra caliza, dolomita	2800	Concreto de piedra pómez	1600
Piedra arenisca	2600	Concreto de escoria de caldera con un máximo de 1/3 de arena añadida	1600
Travertino	2400	Concreto de ladrillo machacado	1800
Arcilla en masa (adobes)	2100	Agua	1000
Arcillas con paja	1700		

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**TABLA 13.1 PROPIEDADES DE ESCUADRIA**

Dimensiones		Area cm <sup>2</sup>	Eje X		Eje Y		m <sup>3</sup> de madera porm (*) m <sup>3</sup> / m	Feso por m (**)		
Real b x h cm	F.ivalente Comercial b x h pulg		I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		Grupo		
								A kg/m	B kg/m	C kg/m
1.5 x 2	3/4 x 1	3.0	1.0	1.0	0.6	0.7	0.00048	0.33	0.30	0.27
1.5 x 4	3/4 x 2	6.0	8.0	4.0	1.1	1.5	0.00097	0.56	0.60	0.54
1.5 x 6.5	3/4 x 3	9.7	34.3	10.6	1.8	2.4	0.00144	1.07	0.97	0.88
1.5 x 9	3/4 x 4	13.5	91.1	20.2	2.5	3.3	0.00193	1.48	1.35	1.21
1.5 x 14	3/4 x 6	21.0	343.0	49.0	3.9	5.2	0.00290	2.31	2.10	1.89
1.5 x 19	3/4 x 8	28.5	857.4	90.2	5.3	7.1	0.00387	3.13	2.85	2.56
1.5 x 24	3/4 x 10	36.0	1728.0	144.0	6.7	9.0	0.00484	3.96	3.60	3.24
1.5 x 29	3/4 x 12	43.5	3048.6	210.2	8.1	10.9	0.00580	4.78	4.35	3.91
2 x 2	1 x 1	4.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.00064	0.44	0.40	0.36
2 x 4	1 x 2	8.0	10.7	5.3	2.7	2.6	0.00130	0.88	0.80	0.72
2 x 6.5	1 x 3	13.0	45.8	14.1	4.3	4.3	0.00193	1.43	1.30	1.17
2 x 9	1 x 4	18.0	121.5	27.0	6.0	6.0	0.00257	1.98	1.80	1.62
2 x 14	1 x 6	28.0	457.3	65.3	9.3	9.3	0.00387	3.08	2.80	2.52
2 x 19	1 x 8	38.0	1143.2	120.3	12.7	12.6	0.00517	4.18	3.80	3.42
2 x 24	1 x 10	48.0	2304.0	192.0	16.0	16.0	0.00644	5.28	4.80	4.32
2 x 29	1 x 12	58.0	4064.8	280.3	19.3	19.3	0.00774	6.38	5.80	5.22
3 x 3	1 1/2 x 1 1/2	9.0	6.7	4.5	6.7	4.5	0.00144	0.99	0.90	0.81
3 x 4	1 1/2 x 2	12.0	16.0	8.0	9.0	6.0	0.00193	1.32	1.20	1.08
3 x 6.5	1 1/2 x 3	19.5	68.6	21.1	14.6	97.5	0.00290	2.14	1.95	1.75
3 x 9	1 1/2 x 4	27.0	182.2	40.5	20.2	13.5	0.00387	2.97	2.70	2.43
3 x 14	1 1/2 x 6	42.0	686.0	98.0	31.5	21.0	0.00580	4.62	4.20	3.78
3 x 19	1 1/2 x 8	57.0	1714.7	180.5	42.7	28.5	0.00774	6.27	5.70	5.13
3 x 24	1 1/2 x 10	72.0	3456.0	288.0	54.0	36.0	0.00967	7.92	7.20	6.48
3 x 29	1 1/2 x 12	87.0	6097.3	420.5	65.2	43.5	0.01161	9.57	8.70	7.83
4 x 4	2 x 2	16.0	21.3	10.7	21.3	10.7	0.00257	1.76	1.60	1.44
4 x 6.5	2 x 3	26.0	91.5	28.2	34.7	17.3	0.00387	2.86	2.60	2.34
4 x 9	2 x 4	36.0	243.0	54.0	48.0	24.0	0.00517	3.96	3.60	3.24
4 x 14	2 x 6	56.0	914.6	130.7	74.7	37.3	0.00774	6.16	5.60	5.04
4 x 16.5	2 x 7	66.0	1497.4	181.5	88.0	49.0	0.00904	7.26	6.60	5.94
4 x 19	2 x 8	76.0	2286.3	240.6	101.3	50.7	0.01031	8.36	7.60	6.84
4 x 24	2 x 10	96.0	4608.0	384.0	128.0	64.0	0.01291	10.56	9.60	8.64
4 x 29	2 x 12	116.0	8129.7	560.6	154.7	77.3	0.01548	12.76	11.60	10.44
5 x 5	2 1/2 x 2 1/2	25.0	52.1	20.8	52.1	20.8	0.00404	2.75	2.50	2.25
5 x 6.5	2 1/2 x 3	32.5	114.4	35.2	67.7	27.1	0.00484	3.57	3.25	2.92
5 x 9	2 1/2 x 4	45.0	303.7	67.5	93.7	37.5	0.00644	4.95	4.50	4.05
5 x 14	2 1/2 x 6	70.0	1143.3	163.3	145.8	58.3	0.00967	7.70	7.00	6.30
5 x 16.5	2 1/2 x 7	82.5	1871.7	226.9	171.9	68.7	0.01128	9.07	8.25	7.42
5 x 19	2 1/2 x 8	95.0	2857.9	300.8	197.9	79.1	0.01291	10.45	9.50	8.55
5 x 24	2 1/2 x 10	120.0	5760.0	480.0	250.0	100.0	0.01612	13.20	12.00	10.80
5 x 29	2 1/2 x 12	145.0	10162.1	700.8	302.1	120.8	0.01935	15.95	14.50	13.05
6.5 x 6.5	3 x 3	42.2	148.7	45.7	148.7	45.7	0.00580	4.64	4.22	3.80
6.5 x 9	3 x 4	58.5	394.9	87.7	206.0	63.4	0.00774	6.43	5.85	5.26
6.5 x 14	3 x 6	91.0	1486.3	212.3	320.4	98.8	0.01161	10.01	9.10	8.19
6.5 x 16.5	3 x 7	107.2	2433.2	294.9	377.6	116.2	0.01354	11.30	10.72	9.65
6.5 x 19	3 x 8	123.5	3715.3	391.1	434.8	133.8	0.01548	13.58	12.35	11.11
6.5 x 24	3 x 10	156.0	7488.0	624.0	549.2	169.0	0.01935	17.16	15.60	14.04
6.5 x 29	3 x 12	188.5	13210.7	911.1	663.7	204.2	0.02322	20.73	18.85	16.96
9 x 9	4 x 4	81.0	546.7	121.5	546.7	121.5	0.01031	8.91	8.10	7.29
9 x 14	4 x 6	126.0	2058.0	294.0	850.5	189.0	0.01548	13.96	12.60	11.34
9 x 16.5	4 x 7	148.5	3361.1	408.3	1002.4	222.7	0.01808	16.33	14.81	13.34
9 x 19	4 x 8	171.0	5144.2	541.5	1154.2	256.5	0.02065	18.31	17.10	15.39
9 x 24	4 x 10	216.0	10368.0	864.0	1458.0	324.0	0.02579	23.76	21.60	19.44
9 x 29	4 x 12	261.0	18291.8	1261.0	1761.7	391.5	0.03096	28.71	26.10	23.49

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## DISEÑO DE COLUMNA L=3.8 m

### 1.- BASES DE CALCULO

- a) Se usara madera EUCALIPTO del grupo C  
 b) Las cargas aplicadas proveniente de los elementos que se apoyan en la columna resultan en una carga concentrada.

**Carga Muerta:**

* Peso propio de la viga:	9	14 cm	2.84 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.1
* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro.	0.18 kg/m <sup>2</sup>		0.18 kg/m <sup>2</sup>	
* Peso de la vigueta bxh	9	19 cm	3.08 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.8 P.P madera
	4	8 pulg.		Grupo C:900 kg/m <sup>3</sup>
				* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

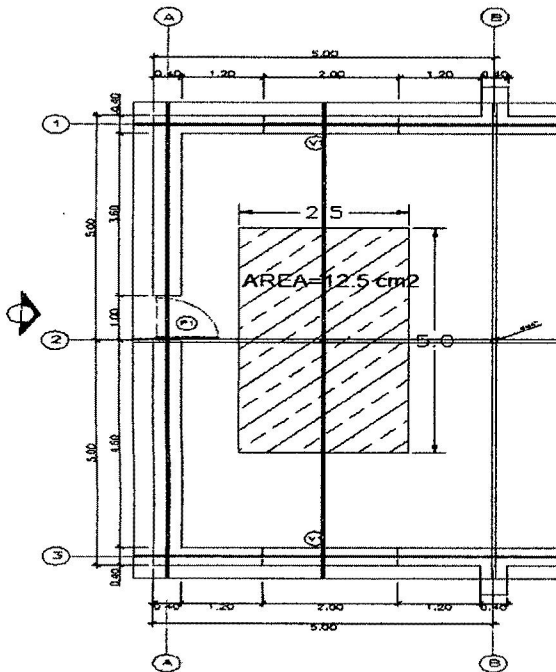
**Carga Viva:**

\* S/C

$$W_t = \frac{3.0 \text{ kg/m}^2 \text{ Art. 7: 7.1 d) } = 30 \text{ kg/m}^2}{36.09 \text{ kg/m}^2} \quad \text{RNE: E-020}$$

Area Tributaria= 12.50 m<sup>2</sup>

P= 451.16 kg



Fuente: Elaboracion propia

- c) Consideramos que las condiciones de apoyo en los extremos son tales que la columna se considera empotrada en la base y parcialmente impedida de rotar pero libre de desplazarse en el extremo superior.

De la tabla 9.1  $k= 1.5$   $L= 3.80 \text{ m}$

Longitud efectiva  $L_{ef}= k \cdot L= 5.70 \text{ m}$

### 2. EFECTOS MAXIMOS

Carga axial de compresion de P= 451.16 kg (el peso propio de la columna es poco importante para ser considerado aunque si se desea puede incluirse en la carga aplicada).

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD Y Ck

Para columna se usa el E min

E min=	55,000 kg/cm <sup>2</sup>	Ver tabla 13.2
fc=	80 kg/cm <sup>3</sup>	Ver tabla 13.2
Ck=	18.42	Ver tabla 9.4

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>min</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c⊥</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

**TABLA 9.4 RELACION DE ESBELTEZ LIMITE ENTRE COLUMNAS INTERMEDIAS Y LARGAS**

Grupo	C <sub>k</sub>	
	Columnas	Entramados
A	17.98	20.06
B	18.34	20.2
C	18.42	22.47

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. SELECCIONAR ESCUADRIA

Tantear seccion de: 10 cm x 10 cm A= 100.0 cm<sup>2</sup>

### 5. CALCULO DE ESBELTEZ

En este caso la longitud efectiva es igual en ambas direcciones, asi como las dimensiones de la seccion transversal.

l<sub>ef</sub>= 570 cm d= 10 cm d :dimension menor de la seccion

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d} = 57$$

Se trata de: COLUMNA LARGA

Ck= 18.42

### 6) CARGA ADMISIBLE

Para columnas largas la formula aplicable es la Ec. 9.7

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E_{mín} A}{\lambda^2} = 556.94 \text{ kg}$$

$$P = 451.16 \text{ kg}$$

La escuadría es satisfactoria: OK

### 7) RESULTADO

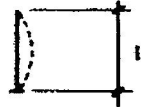
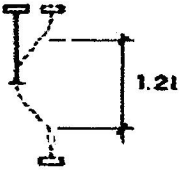
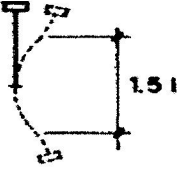
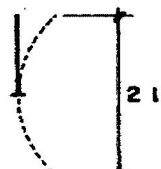
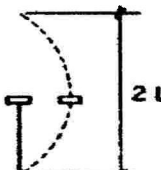

Area rectangular= 100.0 cm<sup>2</sup>

D= 11.28 cm

Area circular= 100.00 cm<sup>2</sup>

Luego la COLUMNA tiene D= 11 cm  
Dimension Comercial tiene D= 4 Pulg

**TABLA 9.1 LONGITUD EFECTIVA**

CONDICION DE APOYO	k	$l_{ef}$	
1. Articulado en ambos extremos.	1	$l$	
2. Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.2	$1.2 l$	
3. Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.5	$1.5 l$	
4. Empotrado en un extremo y libre en el otro.	2.0	$2 l$	
5. Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse.	2.0	$2 l$	
6. Articulado en un extremo y libre en el otro.			

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## DISEÑO DE MUROS

### 1.- REQUISITOS GENERALES

- a) Las construcciones de adobe simple serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico en una carga concentrada.
- b) Las construcciones de adobe se limitarán a un solo piso en la zona sísmica 4 y a dos pisos en las zonas sísmicas 3, 2 y 1 definidas en la NTE E.30 diseño sismorresistente.
- c) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se deberá incluir la colocación de refuerzo que mejore el comportamiento integral de la estructura. (RNE E.080)

### 2. BLOQUE DE ADOBE

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25%, y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho y la relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1, en lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm (RNE E.080).

Bloque de adobe a usar es: Ancho=20 cm, Alto= 10 cm y el Largo=40 cm.

### 3. COMPORTAMIENTO SISMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

#### 3.1 Comportamiento sísmico de las construcciones de adobe

Las construcciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración.

- a) Suficiente longitud de muro en cada dirección de ser posible todos portantes.
- b) Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.
- c) Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.
- d) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros. (RNE E.080.)

### 3.2 Fuerzas Sísmicas Horizontales

La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se determinará con la siguiente expresión

$$H = S U C P$$

Donde:

**S:** Factor de suelo (indicado en la Tabla 1),  
**U:** Factor de uso (indicados en la Tabla 2),  
**C:** Coeficiente sísmico (indicado en la Tabla 3) y  
**P:** Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

Fuente: RNE E.080

**TABLA 1**

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible $\geq 3 \text{ Kg/cm}^2$	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $\geq 1 \text{ Kg/cm}^2$	1,2

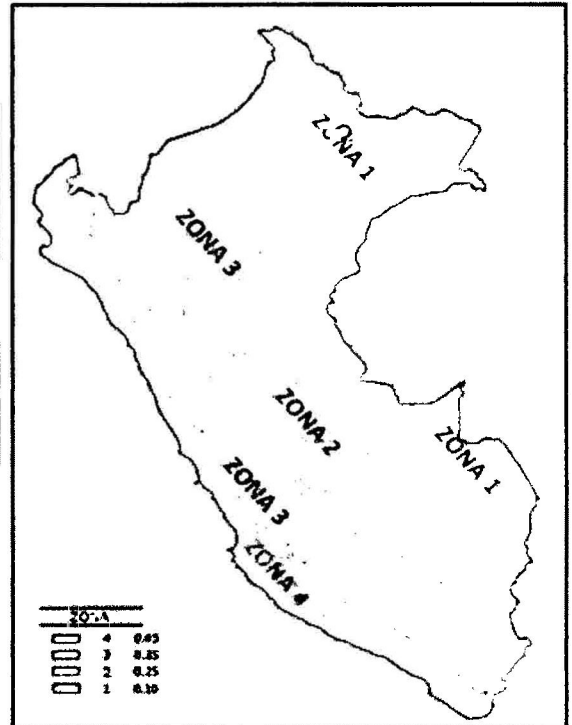
**TABLA 2**

Tipo de las Edificaciones	Factor U
Colegios, Postas Médicas, Locales Comunales, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes	1,0

**TABLA 3**

ZONA	C
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: RNE E.080



Fuente: RNE E.080

Luego el presente estudio se ubica en Departamento de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Distrito de Ayacucho por lo tanto de la mapa sísmica del Perú se ubica en la ZONA 2.

Entonces

C= 0,25      Zona 2  
 S= 1,20      Suelo intermedio o blandos con capacidad portante admisible  $\geq 1 \text{ kg/cm}^2$   
 U= 1,00      Viviendas y otras edificaciones comunes

### 3.3 Comportamiento del adobe frente a cargas verticales

Usualmente la resistencia de la albañilería a cargas verticales no presenta problemas para soportar la carga de uno o dos pisos. Se debe mencionar sin embargo que los elementos que conforman los entrepisos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o solera.(RNE E.080)

## 4. SISTEMA ESTRUCTURAL

### a) Cimentación

Cimiento: Albañilería de piedra

Profundidad=	0.80 m	Prof. Min. =0.60 m según RNE E.080	OK
Ancho=	0.60 m	Ancho Min. =0.40 m según RNE E.080	OK

Sobrecimentación: Albañilería de piedra

Altura sobresaliente=	0.20 m	Antura Min. =0.20 m según RNE E.080 sobre el nivel del suelo.	OK
-----------------------	--------	------------------------------------------------------------------	----

### b) Muros

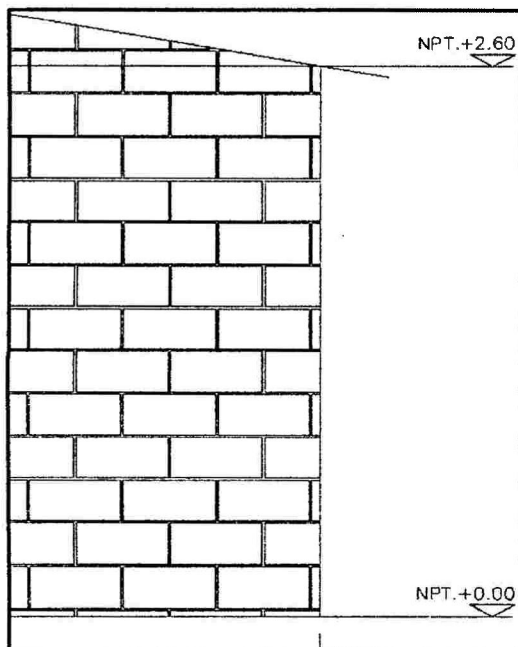
Debera considerarse la estabilidad de todos los muros. Esto se conseguira controlando la esbeltez y utilizando arriostres o refuerzos. Figura 4 .

Los muros del presente estudio no tendra refuerzos y se utilizara arriostres verticales cada 4 m

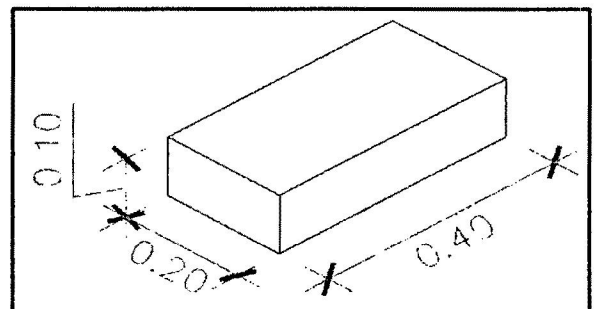
El espesor de los muros se determinara en funcion de la altura libre de los mismos y la longitud maxima del muro entre arriostre verticales sera 12 veces el espesor del muro. (Ver tabla 4) ,RNE E.080

Altura del muro=	2.6 m	según la TABLA 4 $\lambda \leq 6$	entonces el espesor del muro es
Espesor del muro=	0.4 m	OK	
Long. max. Entre arriostre vert.=	4.8 m	En el presente estudio se considera 5.0 m entre arriostres verticales.	

### ALTURA DEL MURO DE ADOBE



### BLOQUE DE ADOBE



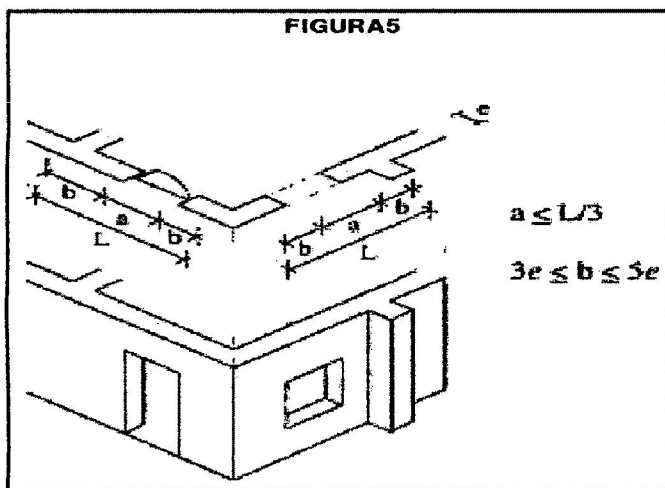
Fuente: Elaboracion propia

**TABLA 4**

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor mín. Muro (m)	Altura mín. Muro (m)
$\lambda \leq 6$	Solera	0,4-0,5	2,4-3,0
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3-0,5	2,4-4,0
$8 \leq \lambda \leq 9$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3-0,5	2,7-4,5

Fuente: RNE E.080

En general los vanos deberan estar preferentemente centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas debera ser considerado como borde libre  
 El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro.  
 Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostrado al extremo (Ver Figura N° 5).



Fuente: RNE E.080

Longitud entre arriostres= 4.40 m esquinas  
 4.60 m centrales

Ancho max., a ≤ 1.47 m esquinas  
 1.53 m centrales

Espesor del muro= 0.4 m

1.2 m ≤ b ≤ 2 m

LUEGO en el presente proyecto se considera:

Ancho b: 1.20 m OK

Ancho "a" para:

Ancho de la puerta: 1.00 m OK

Ancho de las ventanas: 2.00 m OK

NOTA: El ancho de las ventanas a=2.0 m se exceptua a la norma E.080 de considerar fuera del rango max. Que es de 1.47 para ventanas esquinas y 1.53m para ventanas centrales debido a que la estructura tendra techo liviana (INVERNADERO).

**c) Elementos de arriostre horizontal**

En el presente proyecto no es necesario elementos de arriostres horizontales. Según la Tabla 4 llevara solera de madera con las mismas dimensiones de la VIGAS/CUMBRERAS obligatorio. Se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él. RNE E.080.

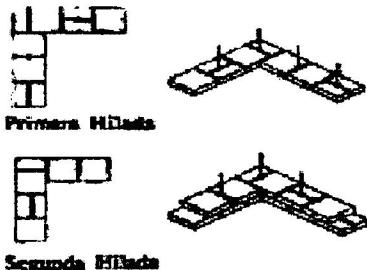
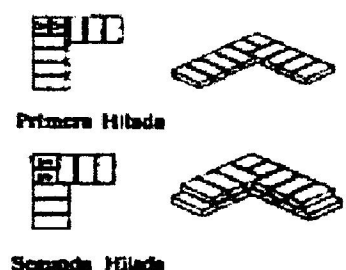
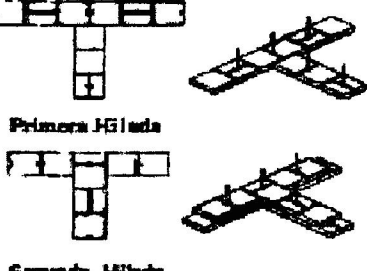
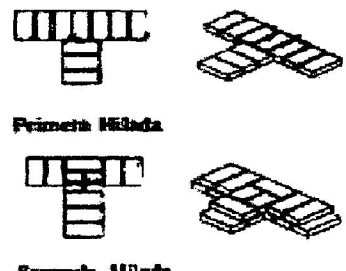
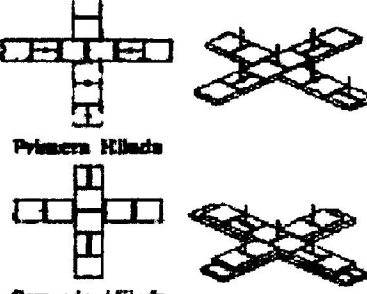
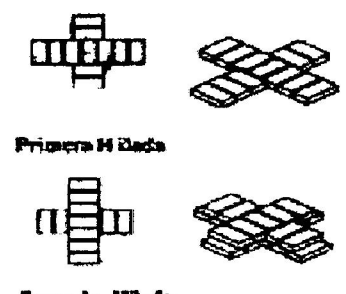
d) Elementos de arrioste vertical

Los arriostres verticales serán contrafuertes especialmente diseñados. Tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación.

Para que un muro o contrafuertes se considere como arrioste vertical tendrá una longitud en la base mayor o igual que 3 veces el espesor del muro que se desee arriostar.

Longitud de la base mayor= 1.2 m      NOTA: En el presente proyecto sera de 0.45 m (INVERNADERO).

**FIGURA 4**  
**TIPOS AMARRE EN ENCUENTROS DE MUROS DE ADOBE CON O SIN REFUERZO**

Tipo de encuentro	Muros Reforzados	Muros no Reforzados
<b>En</b> <b>L</b>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>
<b>En</b> <b>T</b>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>
<b>En</b> <b>X</b>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>	 <p>Primera Hfilada</p> <p>Segunda Hfilada</p>

Fuente: RNE E.080

#### e) Entrepiso y techo

Los techos deberán en lo posible ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros; además, deberán estar adecuadamente fijados a éstos a través de la viga solera.

En el presente proyecto el techo es de Agrofim, una cobertura liviana.

#### 4.- ESFUERZOS ADMISIBLES

Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos.

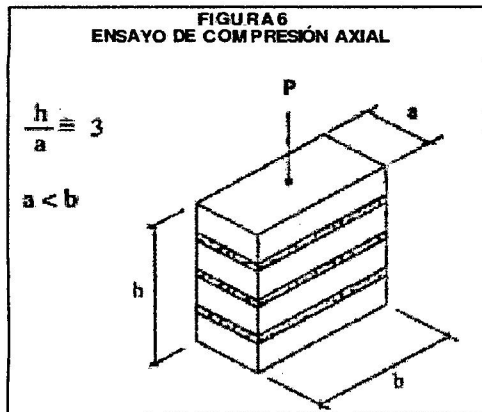
##### • Resistencia a la compresión de la unidad:

La resistencia a la compresión cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe. El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última ( $f_o$ ) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas. Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de  $f_o$  mínimo aceptable de:

$$f_o = 12 \text{ kg/cm}^2$$

Fuente: RNE E.080

##### • Resistencia a la compresión de la albañilería:



Fuente: RNE E.080

El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 6. El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).

Mediante estos ensayos se obtiene el esfuerzo último ( $f_m$ ) en compresión de la pila, considerándose aquel valor que sobrepasa en 2 de la 3 pilas ensayadas. Es esfuerzo admisible a compresión del muro ( $f'm$ ), se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0,2 f'_m$$

En el presente proyecto se considera el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

$f'm$ : Esfuerzo de compresión último de la pila

- Resistencia a la compresión por aplastamiento:

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será:

$$1,25 f_m$$

Es decir de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>

- Resistencia al corte de la albañilería:

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

\* Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.

La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 7.

Se ensayarán un mínimo de tres (3) especímenes. El esfuerzo admisible al corte del muro  $V_m$  se obtendrá con la expresión:

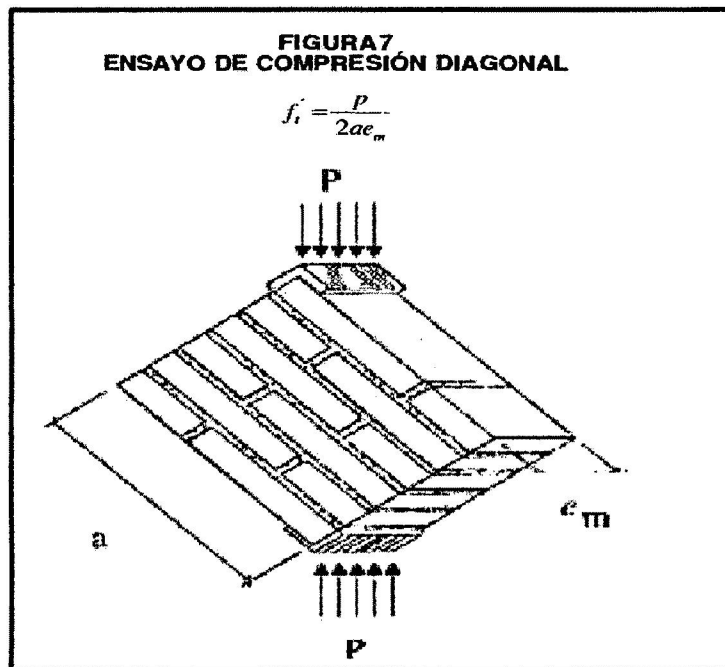
$$V_m = 0,4 f_t$$

Donde:

$f_t$  = Esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

Fuente: RNE E.080



Fuente: RNE E.080

En el presente proyecto no se realizó ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte, para lo cual se asume:

$$V_m = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

## **ANEXO I.2: METRADOS**

**HOJA DE METRADOS - INVERNADERO DE ADOBE**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	N°VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL
				LARGO	ANCHO	ALTO		
<b>1.00.00</b>	<b>CONSTRUCCION DE INVERNADERO</b>							
<b>1.01.00</b>	<b>TRABAJOS PROVICIONALES</b>							
1.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00				1.00	1.00
1.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	1.00	6.00	4.00		24.00	24.00
<b>1.02.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>							
1.02.01	Limpieza de terreno manual	m2	1.00	21.00	11.00		231.00	231.00
1.02.02	Trazo y replanteo preliminar	m2	1.00	20.20	10.20		206.04	206.04
<b>1.03.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
1.03.01	Refine, nivelacion y compactado manual del piso	m2	1.00	20.20	10.20		206.04	206.04
1.03.02	Excavacion manual de zanja para cimientos	m3						30.64
	ejeA-A, F-F, entre 1-3		2.00	11.10	0.60	0.80	10.66	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	20.35	0.60	0.80	19.54	
	eje 2-2 entere A-F		7.00	0.40	0.40	0.40	0.45	
1.03.03	Relleno compactado con material propio	m3						2.53
	eje A-A F-F, entre 1-3		2.00	10.90	0.10	0.20	0.44	
			2.00	9.20	0.10	0.20	0.37	
	Puerta		1.00	1.00	0.40	0.20	0.08	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	22.10	0.10	0.20	0.88	
			2.00	19.00	0.10	0.20	0.76	
1.03.04	Eliminacion de material excedente manual D=50m.	m3			28.11	1.25	35.14	35.14
<b>1.04.00</b>	<b>MATERIAL GRANULADO</b>							
1.04.01	Cimiento corrido mezcla 1:10 barr - grava+30% PM	m3						22.32
	ejeA-A, F-F, entre 1-3		2.00	10.65	0.60	0.60	7.67	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	20.35	0.60	0.60	14.65	
1.04.02	Concreto mezcla 1:10+30% PM para cimientos	m3						0.45
	eje 2-2 entere A-F		7.00	0.40	0.40	0.40	0.45	
1.04.03	Sobrecimiento de barr mezcla 1:4 + 25%PM	m3						4.88
	ejeA-A, F-F, entre 1-3		1.00	10.45	0.40	0.20	0.84	
			1.00	9.45	0.40	0.20	0.76	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	20.55	0.40	0.20	3.29	
1.04.04	Encofrado y desencofrado de sobrecimientos	m2						24.80
	ejeA-A, F-F, entre 1-3		2.00	10.90		0.20	4.36	
			2.00	9.20		0.20	3.68	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	22.70		0.20	9.08	
			2.00	19.20		0.20	7.68	
<b>1.05.00</b>	<b>MURO Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>							
1.05.01	Murp con bloques de adobe 0.10x0.20x0.40m	m2						150.50
	ejeA-A, F-F, entre 1-3		2.00	10.45		2.60	54.34	
			2.00	AREA=		5.25	10.50	
	Puerta		-1.00	1.00		2.00	-2.00	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		2.00	20.55		2.60	106.86	
	Ventanas		-2.00	AREA=		9.60	-19.20	
1.05.02	Rollizos de eucalipto( Columnas)	p2						229.81
	Columnas eucalipto Ø de 4pulg, Long. de 3.8m		7.00			32.83	229.81	
<b>1.06.00</b>	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>							
1.06.01	Colocacion de puerta metalica 1.0x2.0m inc. malla antiafida	unid	1.00				1.00	1.00
1.06.02	Colocacion de ventana metalica 2.0x1.2m inc. malla antiafida	unid	8.00				8.00	8.00
<b>1.07.00</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO Y COBERTURA</b>							
1.07.01	Cobertura de techo con Agropitn C8	m2	1.00	20.60	5.90		121.54	259.46
			1.00	20.60	5.55		114.33	
1.07.02	Cobertura de ventana de cumbrera con malla anteaafida	m2	1.00	19.50	0.50		9.75	9.75
1.07.03	Vigas spleras/Cumbreras de maderade 4" x 6"	p2	4.00			137.14	548.56	548.56
1.07.04	Viguetas de madera 4" x 8"	p3	18.00			50.74	913.39	913.39
<b>1.08.00</b>	<b>FLETE</b>							
1.08.01	Flete terrestre	Global	1.00			1.00	1.00	1.00
<b>2.00.00</b>	<b>IMPLEMENTACION DE INVERNADERO</b>							
2.01.00	Adquisicion de insumos	mpd	1.00			1.00	1.00	1.00
2.02.00	Adquisicion de materiales, equipos y ptros	mod	1.00			1.00	1.00	1.00

## **ANEXO I.3: PRESUPUESTO**

## Presupuesto

Presupuesto 1201001 DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO  
 AYACUCHO A 9760 M.S.N.M  
 Subpresupuesto 001 CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ADOBE  
 Cliente UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA Costo al 06/06/2016  
 Lugar AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ADOBE				35,378.99
01.01	TRABAJOS PROVICIONALES				2,040.67
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x2.40M	und	1.00	574.03	574.03
01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	24.00	61.11	1,466.64
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES				830.74
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	231.00	2.74	632.94
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	206.04	0.96	197.80
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				6,525.85
01.03.01	REFINE, NIVELACION Y COMPACTADO MANUAL DEL PISO	m2	206.04	24.63	5,074.77
01.03.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m3	30.64	34.65	1,061.68
01.03.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.53	51.41	130.07
01.03.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE MANUAL D=50M	m3	35.14	7.38	259.33
01.04	MATERIAL GRANULADO				2,214.88
01.04.01	CIMENTO CORRIDO MEZCLA 1:10 BARRO-GRAVA +30% PM	m3	22.32	37.92	846.37
01.04.02	CONCRETO MEZCLA 1:10 +30% PM PARA CIMENTOS	m3	0.45	286.26	128.82
01.04.03	SOBRECIMIENTO DE BARRO MEZCLA 1:4 +25% PM	m3	4.88	49.79	242.98
01.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMENTOS	m2	24.80	40.19	996.71
01.05	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				8,460.90
01.05.01	MURO CON BLOQUES DE ADOBE 0.10x0.20x0.40m. h=4.00 m.	m2	150.50	53.47	8,047.24
01.05.02	ROLLIZO DE EUCALIPTO(COLUMNAS)	p2	229.81	1.80	413.66
01.06	CARPINTERIA DE MADERA				1,885.13
01.06.01	COLOCACION DE PUERTA METALICA 1.0Mx2.0M INC. MALLA ANTIFIDA	und	1.00	280.57	280.57
01.06.02	COLOCACION DE VENTANAS METALICAS 2.0Mx1.2M INC. MALLA ANTIFIDA	und	8.00	200.57	1,604.56
01.07	ESTRUCTURA DE TECHO Y COBERTURA				12,770.82
01.07.01	COBERTURA DETECHO CONAGROFILM C8	m2	259.46	5.92	1,536.00
01.07.02	COBERTURA DE VENTANA DE CUMBRERA CON MALLA ANTIFIDA	m2	9.75	5.03	49.04
01.07.03	VIGA SOLERA /CUMBRERA DE MADERA DE 4"x6"	p2	548.56	7.72	4,234.88
01.07.04	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"	p2	913.39	7.61	6,950.90
01.08	FLETE				650.00
01.08.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	650.00	650.00
02	IMPLEMENTACION DE INVERNADERO				750.00
02.01	ADQUISICION DE INSUMOS	gb	1.00	350.00	350.00
02.02	ADQUISICION DE MATERIALES,EQUIPOS Y OTROS	gb	1.00	400.00	400.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>36,128.99</b>

SON: TRENTA Y SEIS MIL CIENTO VEINTE OCHO Y 99/100 NUEVOS SOLES

## **ANEXO I.4: INSUMOS**

## Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/
Obra	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 9760 M.S.N.M			
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ADOBE			
Fecha	06/06/2016				
Lugar	050101	AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO			
<b>MANO DE OBRA</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	300.8839	15.16	4,561.40
0101010004	OFICIAL	hh	167.2323	12.89	2,156.62
0101010005	PEON	hh	941.1396	11.53	10,851.34
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	2.2046	19.30	42.55
					<b>17,610.91</b>
<b>MATERIALES</b>					
02010300010002	GASOLINA 90 OCTANOS	gal	31.2855	15.20	475.54
0203020002	FLETE TERRESTRE	gib	1.0000	650.00	650.90
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	7.4400	5.00	37.20
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	3.4000	5.00	17.00
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	3.6000	3.81	13.72
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg	1.0302	3.22	3.32
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	5.1740	3.81	19.71
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	9.0000	3.81	34.29
0204150003	MALLA ANTIAFIDA	m2	10.0425	3.57	35.85
02070100050001	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m3	2.7454	40.00	109.82
02070100050002	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m3	0.2250	40.00	9.00
0207010011	PIEDRA MEDIANA 2"	m3	3.4272	40.00	137.09
0207030001	HORMIGON	m3	0.4265	35.90	14.93
0207050003	BARRO PARA CIMENTO CORRIDO	m3	35.9290	21.50	772.47
0209010002	PUERTA CON MARCO METALICO DE 1.0Mx2.0M CON MALLA ANTIAFIDA	und	1.0000	165.90	165.90
0209010003	VENTANA CON MARCO METALICO DE 2.0Mx1.2M CON MALLA ANTIAFIDA	und	8.0000	85.00	680.00
02100500010003	AGROFILMC8	m2	272.4330	4.35	1,185.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	4.3500	19.07	82.95
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	2.0604	6.36	13.10
02160600010004	ADOBE DE 0.10X0.20X0.40 m.	und	97.8250	1.50	146.74
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	0.1800	6.78	1.22
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	98.0000	3.39	332.22
0231040002	ESTACAS DE FIERRO DIAMETRO 1/2"	var	2.2320	25.42	56.74
0231040003	ESTACAS DE MADERA	p2	4.1208	3.39	13.97
02311000010002	VIGA SOLERA/CUMBRERA DE MADERA DE 4x6"	p2	592.4448	6.78	4,016.78
02311000010003	VIGUETA DE MADERA DE 4x8"	p2	986.462	6.78	6,688.21
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5" x 6.90 M	pza	16.0000	30.20	483.20
0231190003	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE DIAMETRO 4"	p2	248.1948	0.49	121.62
02370600040003	BISAGRA DE FIERRO DE 3"	und	0.9600	8.47	8.13
02370600040004	CALAMINA DE 1.83 m x 0.83 m x 0.27 mm	pin	19.2090	12.71	244.03
02720100060006	CANDADO INC. ALDABA	und	1.2000	21.18	25.42
0290130022	CANAL UNISTRUT 15/8" x 1 5/8" x 3 MTR	m3	4.2830	0.53	2.27
0290130023	AGUA				
0290130023	INSUMOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	gib	1.0000	350.00	350.90
0290130024	MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	gib	1.0000	400.00	400.00
0292010001	CORDEL	m	39.1476	0.21	8.22
					<b>17,354.84</b>
<b>EQUIPOS</b>					
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	día	0.2679	8.48	2.27
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	2.2046	12.72	28.04
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			508.93

### Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 9760 M.S.N.M				
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ADOBE				
Fecha	30/05/2016					
Lugar	050101	AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO				
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	67.0571	5.30	355.40	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	0.4800	5.30	2.54	
					<b>897.18</b>	
		SUBCONTRATOS				
0425010012	CARTEL DE OBRA TIPO BANERS DE 2.40Mx3.60M	und	1.0000	255.00	255.00	
					<b>255.00</b>	
			<b>Total</b>	<b>S/.</b>	<b>38,117.93</b>	

## **ANEXO I.5: ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1201001 DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO  
 AYACUCHOA9760 M.S.N.M  
 Subpresupues 001 CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ADOBE Fecha presupuesto 08/06/2016

Partida	01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x2.40M				
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : ur	574.03	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	4.0000	15.16	60.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	11.53	92.24
						<b>152.88</b>
<b>Materiales</b>						
02040100010	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		1.0000	5.00	5.00
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		1.9500	3.81	7.43
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		3.0000	3.81	11.43
0207030001	HORMIGON	m3		0.0350	35.00	1.23
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.7500	19.07	14.30
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.1800	6.78	1.22
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5" x 6.00 M	pza		4.0000	30.20	120.80
0290130022	AGUA	m3		0.2800	0.53	0.15
						<b>161.56</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	152.88	4.59
						<b>4.59</b>
<b>Subcontratos</b>						
0425010012	CARTEL DE OBRA TIPO BANERS DE 2.40Mx3.60M	und		1.0000	255.00	255.00
						<b>255.00</b>

Partida	01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 15.00	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2	61.11	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	15.16	8.08
0101010005	PEON	hh	3.0000	1.6000	11.53	18.45
						<b>26.53</b>
<b>Materiales</b>						
02040100010	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.1000	5.00	0.50
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.1500	3.81	0.57
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.2500	3.81	0.95
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE	p2		1.5000	3.39	5.09
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5" x 6.00 M	pza		0.5000	30.20	15.10
02370600040	BISAGRA DE FIERRO DE 3"	und		0.0400	8.47	0.34
02370600040	CALAMINA DE 1.83 m x 0.83 m x 0.27 mm	pln		0.8000	12.71	10.17
02720100060	CANDADO INC. ALDABA CANAL UNISTRUT 1 5/8" x	und		0.0500	21.18	1.06
						<b>33.78</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	26.53	0.80
						<b>0.80</b>

Partida	01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 40.00	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : m2	2.74	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.1000	0.0200	15.16	0.30
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.2000	11.53	2.31
						<b>2.61</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.61	0.13
						<b>0.13</b>







Partida	COLOCACION DE VENTANAS METALICAS 2.0Mx1.2M INC. MALLA ANTIAFIDA					
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.00	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		200.57
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	15.16	60.64
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	12.89	51.56
						<b>112.20</b>
<b>Materiales</b>						
0209010003	VENTANA CON MARCO METALICO DE 2.0Mx1.2M	CC und		1.0000	85.00	85.00
						<b>85.00</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	112.20	3.37
						<b>3.37</b>
Partida	COBERTURA DE TECHO CON AGROFILM C8					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.00	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		6.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	12.89	0.82
						<b>1.31</b>
<b>Materiales</b>						
210050001	AGROFILMC8	m2		1.0500	4.35	4.57
						<b>4.57</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.31	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	COBERTURA DE VENTANA DE CUMBRERA CON MALLA ANTIAFIDA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.00	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		5.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	12.89	0.82
						<b>1.31</b>
<b>Materiales</b>						
0204150003	MALLA ANTIAFIDA	m2		1.0300	3.57	3.68
						<b>3.58</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.31	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	VIGA SOLERA /CUMBRERA DE MADERA DE 4"x6"					
Rendimiento	p2/DIA	MO. 700.00	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : p2		7.72
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0057	15.16	0.09
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0229	12.89	0.30
						<b>0.39</b>
<b>Materiales</b>						
231100001	VIGA SOLERA/CUMBRERA DE MADERA DE 4"x6"	p2		1.0800	6.78	7.32
						<b>7.32</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.39	0.01
						<b>0.01</b>

Partida	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"					
Rendimiento	p2/DIA	MO. 700.00	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por :		p2 7.81
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0114	12.89	0.15
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0114	11.53	0.13
	<b>Materiales</b>					
231100001	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"	p2		1.0800	6.78	7.32
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.28	0.01
	<b>0.01</b>					
Partida	FLETE TERRESTRE					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por :		glb 650.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Materiales</b>					
0203020002	FLETE TERRESTRE	glb		1.0000	650.00	650.00
	<b>650.00</b>					
Partida	ADQUISICION DE INSUMOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por :		glb 360.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Materiales</b>					
0290130023	INSUMOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	glb		1.0000	350.00	350.00
	<b>350.00</b>					
Partida	ADQUISICION DE MATERIALES,EQUIPOS Y OTROS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por :		glb 400.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Materiales</b>					
0290130024	MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL IN\glb	glb		1.0000	400.00	400.00
	<b>400.00</b>					

Fecha : 06/06/2016 01:19:48 a.m.

## **ANEXO II: DISEÑO DE INVERNADERO CON ROLLIZO**

---

## **ANEXO II.1: DISEÑOS DE INGENIERIA**

## DISEÑO DE VIGUETAS

### 1.- BASES DE CALCULO

a) Se usara madera TORNILLO del grupo C

b) Cargas a considerarse

Espaciamiento vigueta= 2.0 m

**Carga Muerta:**

\* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro. 0.18 kg/m<sup>2</sup>

0.36 kg/m

\* Peso de la vigueta bxh

9 19 cm  
4 8 pulg.

15.39 kg/m

Tabla: 13.8 P.P madera

Grupo C: 900 kg/m<sup>3</sup>

\* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**Carga Viva:**

\* S/C

60 kg /m Artib 7: 7.1 d) =30 kg/m<sup>2</sup>

Wt= 75.75 kg/m RNE: E-020

### 2. EFECTOS MAXIMOS

La viga esta simplemente apoyada (luz entre caras de apoyo)

L= 5.25 m

$$\text{Momento máximo} = M_{\text{máx}} = \frac{wL^2}{8} = 260.9824 \text{ kg.m}$$

$$\text{Cortante máximo} = V_{\text{máx}} = \frac{wL}{2} = 198.8438 \text{ kg}$$

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD

Para vigueta: Madera TORNILLO del Grupo C Tabla 13.2

Para viguetas se usa E prom y los esfuerzos de corte y flexion pueden incrementar en 10%

E prom= 90,000 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>m</sub>= 110 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>v</sub>= 8.8 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>c</sub>= 15 kg/cm<sup>2</sup>

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>m/n</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c⊥</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. MOMENTO DE INERCIA I NECESARIO POR LIMITACION DE DEFLEXIONES. PARA UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

$$\Delta = \frac{5 wL^4}{384 EI} < \frac{L}{k}$$

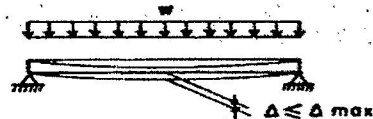
despejando I, tenemos

$$I > \frac{5 wL^3 k}{384 E}$$

**TABLA 8.1. DEFLEXIONES MAXIMAS ADMISIBLES**

Carga actuante	(a) con cielo raso de yeso	(b) sin cielo raso de yeso
Cargas permanentes + sobrecargas	L/300	L/250
Sobrecarga	L/350	L/350

$$\Delta_{max} = \frac{L}{K} \quad \text{(según Tabla 8.1)}$$



**Figura 8.1 Limitación de deflexiones**

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

Para considerar las deformaciones diferidas al calcular el momento de inercia necesario por deflexiones, es posible usar directamente la fórmula anterior utilizando una carga equivalente como la siguiente:

$$w_{equivalente} = 1.8 w_d + w_1 \quad \text{(sólo para el cálculo de deflexiones)}$$

En este caso:

$$W_{eq} = 88.35 \text{ kg/m}$$

$$\text{Para la carga total } K = 250$$

$$I > 4624.03 \text{ cm}^4$$

$$\text{Para la sobre carga } K = 350$$

$$I > 4396.36 \text{ cm}^4$$

Consideran el mayor de los dos: I necesario.

$$I \text{ necesario} = 4624.03 \text{ cm}^4$$

#### 5. MODULO DE SECCION Z NECESARIO POR RESISTENCIA

$$Z > \frac{M}{f_m} = 237.26 \text{ cm}^3$$

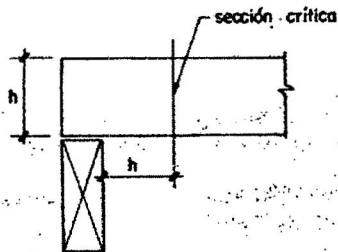
6. En la Tabla 13.1 observemos que una sección de 9 cm x 19 cm satisface los requisitos de momentos de inercia I y modulo de sección Z

$$b = 9 \text{ cm}$$

$$h = 19 \text{ cm}$$

Z requerid=	237.26 cm <sup>3</sup>	<	Z(9,19)=	541.5 cm <sup>3</sup>	OK
I requerid=	4624.03 cm <sup>4</sup>	<	Z(9,19)=	5144.2 cm <sup>4</sup>	OK

## 7. VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE



Sección crítica para verificación de esfuerzos de corte

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 198.844 \text{ kg} \\ w &= 75.75 \text{ kg/m} \\ h &= 19 \text{ cm} \\ b &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_h = V_{\max} - wh = 184.45 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \frac{1.5 V_h}{bh} = 1.62 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

## 8. RESULTADOS

Las dimensiones de la VIGUETA son:  $b = 9 \text{ cm}$   $h = 19 \text{ cm}$

Las dimensiones de la VIGUETA son:  $b = 4 \text{ pulg.}$   $h = 8 \text{ pulg.}$

Descripción	kg/m <sup>3</sup>	Descripción	kg/m <sup>3</sup>
Madera tropical al 30 % de contenido de humedad		Albañilería de adobe	1600
Grupo A	1100	Albañilería de ladrillo ordinario	1800
Grupo B	1000	Albañilería de ladrillo hueco	1450
Grupo C	900	Albañilería de cal y arena	1800
Acero de construcción	7850	Albañilería de ladrillo prensado	2200
Aluminio	2750	Albañilería de ladrillo refractorio	1900
Cobre laminado	8900	Albañilería de ladrillo calcáreo	1600
Zinc laminado	7200	Mortero cal	1700
Latón	8500	Mortero yeso	1200
Hierro colado	7250	Mortero cal y cemento	1900
Mampostería de piedra caliza	2400	Mortero de cemento	2100
Mampostería de mármol	2700	Concreto simple no armado (normal)	2300
Tierra	1800	Concreto fresco (normal)	2400
Gravas y arena secas	1600	Concreto armado (normal)	2400
Piedra caliza, dolomita	2800	Concreto de piedra pómez	1600
Piedra arenisca	2600	Concreto de escoria de caldera con un máximo de 1/3 de arena añadida	1600
Travertino	2400	Concreto de ladrillo machacado	1800
Arcilla en masa (adobes)	2100	Agua	1000
Arcillas con paja	1700		

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**TABLA 13.1 PROPIEDADES DE ESCUADRIA**

Dimensiones		Area cm <sup>2</sup>	Eje X		Eje Y		m <sup>3</sup> de madera por m <sup>3</sup> (*) m <sup>3</sup> / m	Peso por m (**)		
Real b x h cm	Equivalente Comercial b x h pulg		I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		Grupo		
								A kg/m	B kg/m	C kg/m
1.5 x 2	3/4 x 1	3.0	1.0	1.0	0.6	0.7	0.00048	0.33	0.30	0.27
1.5 x 4	3/4 x 2	6.0	8.0	4.0	1.1	1.5	0.00097	0.66	0.60	0.54
1.5 x 6.5	3/4 x 3	9.7	34.3	10.6	1.8	2.4	0.00144	1.07	0.97	0.88
1.5 x 9	3/4 x 4	13.5	91.1	20.2	2.5	3.3	0.00193	1.48	1.35	1.21
1.5 x 14	3/4 x 6	21.0	343.0	49.0	3.9	5.2	0.00290	2.31	2.10	1.89
1.5 x 19	3/4 x 8	28.5	857.4	90.2	5.3	7.1	0.00387	3.13	2.85	2.56
1.5 x 24	3/4 x 10	36.0	1728.0	144.0	6.7	9.0	0.00484	3.96	3.60	3.24
1.5 x 29	3/4 x 12	43.5	3048.6	210.2	8.1	10.9	0.00580	4.78	4.35	3.91
2 x 2	1 x 1	4.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.00064	0.44	0.40	0.36
2 x 4	1 x 2	8.0	10.7	5.3	2.7	2.6	0.00130	0.88	0.80	0.72
2 x 6.5	1 x 3	13.0	45.8	14.1	4.3	4.3	0.00193	1.43	1.30	1.17
2 x 9	1 x 4	18.0	121.5	27.0	6.0	6.0	0.00257	1.98	1.80	1.62
2 x 14	1 x 6	28.0	457.3	65.3	9.3	9.3	0.00387	3.08	2.80	2.52
2 x 19	1 x 8	38.0	1143.2	120.3	12.7	12.6	0.00517	4.18	3.80	3.42
2 x 24	1 x 10	48.0	2304.0	192.0	16.0	16.0	0.00644	5.28	4.80	4.32
2 x 29	1 x 12	58.0	4064.8	280.3	19.3	19.3	0.00774	6.38	5.80	5.22
3 x 3	1 1/2 x 1 1/2	9.0	6.7	4.5	6.7	4.5	0.00144	0.99	0.90	0.81
3 x 4	1 1/2 x 2	12.0	16.0	8.0	9.0	6.0	0.00193	1.32	1.20	1.08
3 x 6.5	1 1/2 x 3	19.5	68.6	21.1	14.6	97.6	0.00290	2.14	1.95	1.75
3 x 9	1 1/2 x 4	27.0	182.2	40.5	20.2	13.5	0.00387	2.97	2.70	2.43
3 x 14	1 1/2 x 6	42.0	686.0	98.0	31.5	21.0	0.00580	4.62	4.20	3.78
3 x 19	1 1/2 x 8	57.0	1714.7	180.5	42.7	28.5	0.00774	6.27	5.70	5.13
3 x 24	1 1/2 x 10	72.0	3456.0	288.0	54.0	36.0	0.00967	7.92	7.20	6.48
3 x 29	1 1/2 x 12	87.0	6097.3	420.5	65.2	43.5	0.01161	9.57	8.70	7.83
4 x 4	2 x 2	16.0	21.3	10.7	21.3	10.7	0.00257	1.76	1.60	1.44
4 x 6.5	2 x 3	26.0	91.5	28.2	34.7	17.3	0.00387	2.86	2.60	2.34
4 x 9	2 x 4	36.0	243.0	54.0	48.0	24.0	0.00517	3.96	3.60	3.24
4 x 14	2 x 6	56.0	914.6	130.7	74.7	37.3	0.00774	6.16	5.60	5.04
4 x 16.5	2 x 7	66.0	1497.4	181.5	88.0	49.0	0.00904	7.26	6.60	5.94
4 x 19	2 x 8	76.0	2286.3	240.6	101.3	50.7	0.01031	8.36	7.60	6.84
4 x 24	2 x 10	96.0	4608.0	384.0	128.0	64.0	0.01291	10.56	9.60	8.64
4 x 29	2 x 12	116.0	8129.7	560.6	154.7	77.3	0.01648	12.76	11.60	10.44
5 x 5	2 1/2 x 2 1/2	25.0	52.1	20.8	52.1	20.8	0.00404	2.75	2.50	2.25
5 x 6.5	2 1/2 x 3	32.5	114.4	35.2	67.7	27.1	0.00484	3.57	3.25	2.92
5 x 9	2 1/2 x 4	45.0	303.7	67.5	93.7	37.5	0.00644	4.95	4.50	4.05
5 x 14	2 1/2 x 6	70.0	1143.3	163.3	146.8	58.3	0.00967	7.70	7.00	6.30
5 x 16.5	2 1/2 x 7	82.5	1871.7	226.9	171.9	68.7	0.01128	9.07	8.25	7.42
5 x 19	2 1/2 x 8	95.0	2857.9	300.8	197.9	79.1	0.01291	10.45	9.50	8.55
5 x 24	2 1/2 x 10	120.0	5760.0	480.0	250.0	100.0	0.01612	13.20	12.00	10.80
5 x 29	2 1/2 x 12	145.0	10162.1	700.8	302.1	120.8	0.01935	15.95	14.50	13.05
6.5 x 6.5	3 x 3	42.2	148.7	45.7	148.7	45.7	0.00580	4.64	4.22	3.80
6.5 x 9	3 x 4	58.5	394.9	87.7	206.0	63.4	0.00774	6.43	5.85	5.26
6.5 x 14	3 x 6	91.0	1486.3	212.3	320.4	98.8	0.01161	10.01	9.10	8.19
6.5 x 16.5	3 x 7	107.2	2433.2	294.9	377.6	116.2	0.01354	11.30	10.72	9.65
6.5 x 19	3 x 8	123.5	3715.3	391.1	434.8	133.8	0.01548	13.58	12.35	11.11
6.5 x 24	3 x 10	156.0	7488.0	624.0	549.2	169.0	0.01935	17.16	15.60	14.04
6.5 x 29	3 x 12	188.5	13210.7	911.1	663.7	204.2	0.02322	20.73	18.85	16.96
9 x 9	4 x 4	81.0	546.7	121.5	546.7	121.5	0.01031	8.91	8.10	7.29
9 x 14	4 x 6	126.0	2058.0	294.0	850.5	189.0	0.01548	13.36	12.60	11.34
9 x 16.5	4 x 7	148.5	3361.1	408.3	1002.4	222.7	0.01808	16.33	14.81	13.34
9 x 19	4 x 8	171.0	5144.2	541.5	1154.2	256.5	0.02065	18.31	17.10	15.39
9 x 24	4 x 10	216.0	10368.0	864.0	1458.0	324.0	0.02579	23.76	21.60	19.44
9 x 29	4 x 12	261.0	18291.8	1261.0	1761.7	391.5	0.03096	28.71	26.10	23.49

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## DISEÑO DE VIGAS

### 1.- BASES DE CALCULO

- a) Se usara madera TORNILLO del grupo C  
 b) Cargas a considerarse

**Carga Muerta:**

- \* Peso propio de la viga: 9 19 cm 15.39 kg/m Tabla: 13.1
  - \* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro. 0.18 kg/m<sup>2</sup> 0.45 kg/m
  - \* Peso de la vigueta bxh 9 19 cm 15.39 kg/m Tabla: 13.8 P.P madera Grupo C:900 kg/m<sup>3</sup>
  - 4 8 pulg.
- \* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

**Carga Viva:**

- \* S/C 75 kg /m Artub 7: 7.1 d) =30 kg/m<sup>2</sup>
- Wt= 106.23 kg/m RNE: E-020

### 2. EFECTOS MAXIMOS

La viga esta simplemente apoyada (luz entre caras de apoyo) L= 4.0 m

$$\text{Momento máximo} = M_{máx} = \frac{wL^2}{8} = 212.46 \text{ kg.m}$$

$$\text{Cortante máximo} = V_{máx} = \frac{wL}{2} = 212.46 \text{ kg}$$

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTECIDAD

Para viga: Madera TORNILLO del Grupo C Tabla 13.2

- E<sub>min</sub>= 55,000 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>m</sub>= 100 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>v</sub>= 8 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>c</sub>= 15 kg/cm<sup>2</sup>

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>min</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c⊥</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. MOMENTO DE INERCIA

$$I > \frac{5wL^3k}{384 E}$$

Como las deformaciones totales son las que deben satisfacer la limitación de deflexiones, incluyendo las deformaciones diferidas, la expresión anterior para determinar el momento de inercia necesario puede usarse directamente si es que la carga se modifica multiplicando las cargas permanentes (peso propio, peso muerto o sobrecargas de aplicación permanente) por el mismo factor de incremento de las deformaciones con el tiempo, es decir 1.8. La carga equivalente para el cálculo de la inercia necesaria por limitación de deformaciones sería:

$$w_{\text{equivalente}} = 1.8 w_d + w_1$$

**TABLA 8.1. DEFLEXIONES MAXIMAS ADMISIBLES**

Carga actuante	(a) con cielo raso de yeso	(b) sin cielo raso de yeso
Cargas permanentes + sobrecargas	L/300	L/250
Sobrecarga	L/350	L/350

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{L}{K} \quad (\text{según Tabla 8.1})$$



**Figura 8.1 - Limitación de deflexiones**

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

En este caso:

$$W_{eq} = 131.214 \text{ kg/m}$$

$$\text{Para la carga total } K = 250$$

$$I > 4970.23 \text{ cm}^4$$

$$\text{Para la sobre carga } K = 350$$

$$I > 3977.27 \text{ cm}^4$$

Consideran el mayor de los dos: I necesario.

$$I_{\text{necesario}} = 4970.23 \text{ cm}^4$$

### 5. MODULO DE SECCION Z NECESARIO POR RESISTENCIA

$$Z > \frac{M}{f_m} = 212.46 \text{ cm}^3$$

6. En la Tabla 13.1 observemos que una sección de 9 cm x 19 cm satisface los requisitos de momentos de inercia I y modulo de sección Z

$$b = 9 \text{ cm}$$

$$h = 19 \text{ cm}$$

Z requerid=	212.46 cm <sup>3</sup>	<	Z(9,19)=	541.5 cm <sup>3</sup>	OK
I requerid=	4970.23 cm <sup>4</sup>	<	Z(9,19)=	5144.2 cm <sup>4</sup>	OK

6) CARGA ADMISIBLE

Para columnas largas la formula aplicable es la Ec. 9.7

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E_{mín} A}{\lambda^2} = 792.70 \text{ kg}$$

La escuadria es satisfactoria: OK

$$P = 401.84 \text{ kg}$$

7) RESULTADO

Area rectangular= 81.0 cm<sup>2</sup>

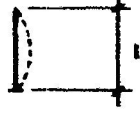
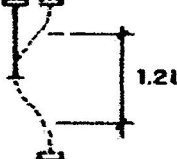
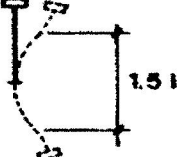
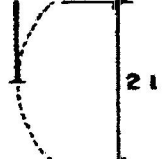
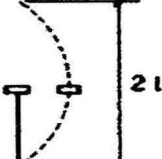

Luego la COLUMNA tiene D= 10 cm

D= 10.16 cm

Dimension Comercial tiene D= 4 Pulg

Area circular= 81.00 cm<sup>2</sup>

TABLA 9.1 LONGITUD EFECTIVA

CONDICION DE APOYO	k	l <sub>ef</sub>	
1. Articulado en ambos extremos.	1	l	
2. Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.2	1.2 l	
3. Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.5	1.5 l	
4. Empotrado en un extremo y libre en el otro.	2.0	2 l	
5. Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse.	2.0	2 l	
6. Articulado en un extremo y libre en el otro.			

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD Y Ck

Para columna se usa el E min

E <sub>min</sub> =	55,000 kg/cm <sup>2</sup>	Ver tabla 13.2
f <sub>c</sub> =	80 kg/cm <sup>3</sup>	Ver tabla 13.2
C <sub>k</sub> =	18.42	Ver tabla 9.4

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>min</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c.L</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

**TABLA 9.4 RELACION DE ESBELTEZ LIMITE ENTRE COLUMNAS INTERMEDIAS Y LARGAS**

Grupo	C <sub>k</sub>	
	Columnas	Entramados
A	17.98	20.06
B	18.34	20.2
C	18.42	22.47

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. SELECCIONAR ESCUADRIA

Tantear seccion de : 9 cmx 9 cm A= 81.0 cm<sup>2</sup>

### 5. CALCULO DE ESBELTEZ

En este caso la longitud efectiva es igual en ambas direcciones, asi como las dimensiones de la seccion transversal.

l<sub>ef</sub>= 390 cm d= 9 cm d : dimension menor de la seccion

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d} = 43$$

Se trata de: COLUMNA LARGA

C<sub>k</sub>= 18.42

## DISEÑO DE COLUMNA L=2.60 m

### 1.- BASES DE CALCULO

- a) Se usara madera EUCALIPTO del grupo C  
 b) Las cargas aplicadas proveniente de los elementos que se apoyan en la columna resultan en una carga concentrada.

**Carga Muerta:**

* Peso propio de la viga:	9	19 cm	3.85 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.1
* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro.	0.18	kg/m <sup>2</sup>	0.18	kg/m <sup>2</sup>
* Peso de la vigueta bxh	9	19 cm	6.16 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.8 P.P madera
	4	8 pulg.		Grupo C: 900 kg/m <sup>3</sup>
			* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino	

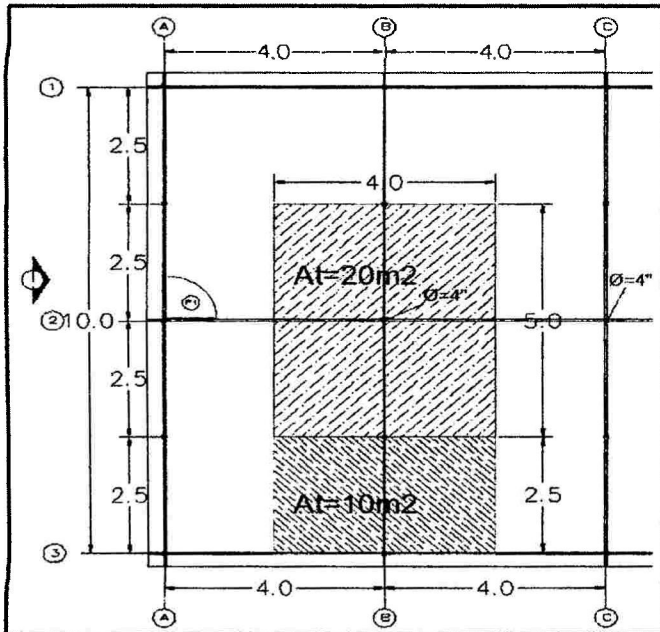
**Carga Viva:**

\* S/C

$$Wt = \frac{30 \text{ kg/m}^2}{40.18 \text{ kg/m}^2} \text{ Articulo 7: 7.1 d) } = 30 \text{ kg/m}^2 \quad \text{RNE: E-020}$$

Area Tributaria= 10.00 m<sup>2</sup>

P= 401.84 kg



Fuente: Elaboracion propio

- c) Consideramos que las condiciones de apoyo en los extremos son tales que la columna se considera empotrada en la base y parcialmente impedida de rotar pero libre de desplazarse en el extremo superior.

De la tabla 9.1	k= 1.5	L= 2.60 m
Longitud efectiva	Lef= k*L=	3.90 m

### 2 EFECTOS MAXIMOS

Carga axial de compresion de P= 401.84 kg (el peso propio de la columna es poco importante para ser considerado aunque si se desea puede incluirse en la carga aplicada).

6) CARGA ADMISIBLE

Para columnas largas la formula aplicable es la Ec. 9.7

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E_{mín} A}{\lambda^2} = 809.72 \text{ kg}$$

La escuadria es satisfactoria: OK

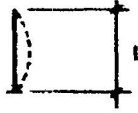
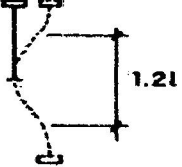
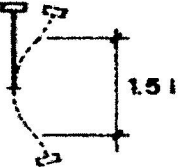
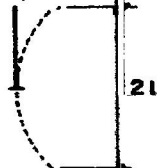
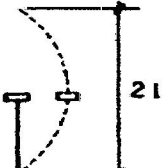

$$P = 742.11 \text{ kg}$$

7) RESULTADO

Area rectangular= 121.0 cm<sup>2</sup>  
 D= 12.41 cm  
 Area circular= 121.00 cm<sup>2</sup>

Luego la COLUMNA tiene D= 12 cm  
 Dimension Comercial tiene D= 4 Pulg

TABLA 9.1 LONGITUD EFECTIVA

CONDICION DE APOYO	k	l <sub>ef</sub>	
1. Articulado en ambos extremos.	1	l	
2. Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.2	1.2 l	
3. Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.5	1.5 l	
4. Empotrado en un extremo y libre en el otro.	2.0	2 l	
5. Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse.	2.0	2 l	
6. Articulado en un extremo y libre en el otro.			

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 3. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTECIDAD Y Ck

Para columna se usa el E min

E <sub>min</sub> =	55,000 kg/cm <sup>2</sup>	Vcr tabla 13.2
f <sub>c</sub> =	80 kg/cm <sup>3</sup>	Ver tabla 13.2
C <sub>k</sub> =	18.42	Ver tabla 9.4

**TABLA 13.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

Propiedades kg/cm <sup>2</sup>	GRUPO		
	A	B	C
E <sub>0.05</sub> o E <sub>min</sub>	95,000	75,000	55,000
E <sub>prom</sub>	130,000	100,000	90,000
f <sub>m</sub>	210	150	100
f <sub>c</sub>	145	110	80
f <sub>c,l</sub>	40	28	15
f <sub>v</sub>	15	12	8
f <sub>t</sub>	145	105	75

**TABLA 9.4 RELACION DE ESBELTEZ LIMITE ENTRE COLUMNAS INTERMEDIAS Y LARGAS**

Grupo	C <sub>k</sub>	
	Columnas	Entramados
A	17.98	20.06
B	18.34	20.2
C	18.42	22.47

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

### 4. SELECCIONAR ESCUADRIA

Tantear seccion de : 11 cm x 11 cm A= 121.0 cm<sup>2</sup>

### 5. CALCULO DE ESBELTEZ

En este caso la longitud efectiva es igual en ambas direcciones, así como las dimensiones de la seccion transversal.

l<sub>ef</sub>= 570 cm d= 11 cm d : dimension menor de la seccion

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d} = 52$$

Se trata de: COLUMNA LARGA

C<sub>k</sub>= 18.42

## DISEÑO DE COLUMNA L=3.8 m

### 1.- BASES DE CALCULO

- a) Se usara madera EUCALIPTO del grupo C  
 b) Las cargas aplicadas proveniente de los elementos que se apoyan en la columna resultan en una carga concentrada.

**Carga Muerta:**

* Peso propio de la viga:	9	19 cm	3.85 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.1
* Peso aprom. de Agrofilm C9 peso apro.	0.18	kg/m <sup>2</sup>	0.18	kg/m <sup>2</sup>
* Peso de la vigueta bxh	9	19 cm	3.08 kg/m <sup>2</sup>	Tabla: 13.8 P.P madera
	4	8 pulg.		Grupo C:900 kg/m <sup>3</sup>

\* Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

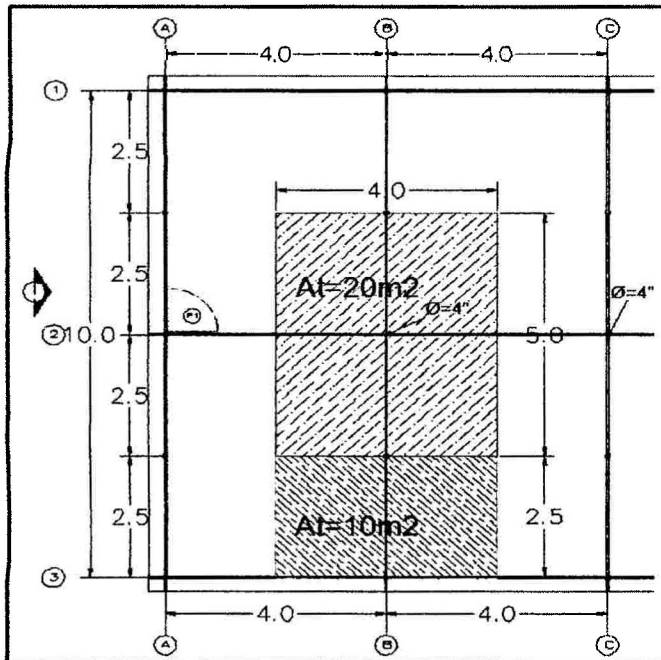
**Carga Viva:**

- \* S/C

$$W_t = \frac{30 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Artículo 7: 7.1 d)}{37.11 \text{ kg/m}^2} = 30 \text{ kg/m}^2 \quad \text{RNE: E-020}$$

Area Tributaria= 20.00 m<sup>2</sup>

P= 742.11 kg



Fuente: Elaboracion propio

- c) Consideramos que las condiciones de apoyo en los extremos son tales que la columna se considera empotrada en la base y parcialmente impedida de rotar pero libre de desplazarse en el extremo superior.

De la tabla 9.1  $k= 1.5$   $L= 3.80 \text{ m}$

Longitud efectiva  $L_{ef}= k \cdot L= 5.70 \text{ m}$

### 2. EFECTOS MAXIMOS

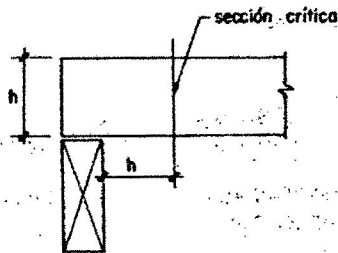
Carga axial de compresion de P= 742.11 kg (el peso propio de la columna es poco importante para ser considerado aunque si se desea puede incluirse en la carga aplicada).

**TABLA 13.1 PROPIEDADES DE ESCUADRIA**

Dimensiones		Area cm <sup>2</sup>	Eje X		Eje Y		m <sup>3</sup> de madera porm(*) m <sup>3</sup> / m	Feso por m (**)		
Real b x h cm	Equivalente Comercial b x h pulg		I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		Grupo		
								A kg/m	B kg/m	C kg/m
1.5 x 2	3/4 x 1	3.0	1.0	1.0	0.6	0.7	0.00048	0.33	0.30	0.27
1.5 x 4	3/4 x 2	6.0	8.0	4.0	1.1	1.5	0.00097	0.66	0.60	0.54
1.5 x 6.5	3/4 x 3	9.7	34.3	10.6	1.8	2.4	0.00144	1.07	0.97	0.88
1.5 x 9	3/4 x 4	13.5	91.1	20.2	2.5	3.3	0.00193	1.48	1.35	1.21
1.5 x 14	3/4 x 6	21.0	343.0	49.0	3.9	5.2	0.00290	2.31	2.10	1.89
1.5 x 19	3/4 x 8	28.5	857.4	90.2	5.3	7.1	0.00387	3.13	2.85	2.56
1.5 x 24	3/4 x 10	36.0	1728.0	144.0	6.7	9.0	0.00484	3.96	3.60	3.24
1.5 x 29	3/4 x 12	43.5	3048.6	210.2	8.1	10.9	0.00580	4.78	4.35	3.91
2 x 2	1 x 1	4.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.00064	0.44	0.40	0.36
2 x 4	1 x 2	8.0	10.7	5.3	2.7	2.6	0.00130	0.88	0.80	0.72
2 x 6.5	1 x 3	13.0	45.8	14.1	4.3	4.3	0.00193	1.43	1.30	1.17
2 x 9	1 x 4	18.0	121.5	27.0	6.0	6.0	0.00267	1.98	1.80	1.62
2 x 14	1 x 6	28.0	457.3	65.3	9.3	9.3	0.00387	3.08	2.80	2.52
2 x 19	1 x 8	38.0	1143.2	120.3	12.7	12.6	0.00517	4.18	3.80	3.42
2 x 24	1 x 10	48.0	2304.0	192.0	16.0	16.0	0.00644	5.28	4.80	4.32
2 x 29	1 x 12	58.0	4064.8	280.3	19.3	19.3	0.00774	6.38	5.80	5.22
3 x 3	1 1/2 x 1 1/2	9.0	6.7	4.5	6.7	4.5	0.00144	0.99	0.90	0.81
3 x 4	1 1/2 x 2	12.0	16.0	8.0	9.0	6.0	0.00193	1.32	1.20	1.08
3 x 6.5	1 1/2 x 3	19.5	68.6	21.1	14.6	9.7	0.00290	2.14	1.95	1.75
3 x 9	1 1/2 x 4	27.0	182.2	40.5	20.2	13.5	0.00387	2.97	2.70	2.43
3 x 14	1 1/2 x 6	42.0	686.0	98.0	31.5	21.0	0.00580	4.62	4.20	3.78
3 x 19	1 1/2 x 8	57.0	1714.7	180.5	42.7	28.5	0.00774	6.27	5.70	5.13
3 x 24	1 1/2 x 10	72.0	3456.0	288.0	54.0	36.0	0.00967	7.92	7.20	6.48
3 x 29	1 1/2 x 12	87.0	6097.3	420.5	65.2	43.5	0.01161	9.57	8.70	7.83
4 x 4	2 x 2	16.0	21.3	10.7	21.3	10.7	0.00257	1.76	1.60	1.44
4 x 6.5	2 x 3	26.0	91.5	28.2	34.7	17.3	0.00387	2.86	2.60	2.34
4 x 9	2 x 4	36.0	243.0	54.0	48.0	24.0	0.00517	3.96	3.60	3.24
4 x 14	2 x 6	56.0	914.6	130.7	74.7	37.3	0.00774	6.16	5.60	5.04
4 x 16.5	2 x 7	66.0	1497.4	181.5	88.0	49.0	0.00904	7.26	6.60	5.94
4 x 19	2 x 8	76.0	2286.3	240.5	101.3	50.7	0.01031	8.36	7.60	6.84
4 x 24	2 x 10	96.0	4608.0	384.0	128.0	64.0	0.01291	10.56	9.60	8.64
4 x 29	2 x 12	116.0	8129.7	560.6	154.7	77.3	0.01548	12.76	11.60	10.44
5 x 5	2 1/2 x 2 1/2	25.0	52.1	20.8	52.1	20.8	0.00404	2.75	2.50	2.25
5 x 6.5	2 1/2 x 3	32.5	114.4	35.2	67.7	27.1	0.00484	3.67	3.25	2.92
5 x 9	2 1/2 x 4	45.0	303.7	67.5	93.7	37.5	0.00644	4.95	4.50	4.05
5 x 14	2 1/2 x 6	70.0	1143.3	163.3	145.8	58.3	0.00967	7.70	7.00	6.30
5 x 16.5	2 1/2 x 7	82.5	1871.7	226.9	171.9	68.7	0.01128	9.07	8.25	7.42
5 x 19	2 1/2 x 8	95.0	2857.9	300.8	197.9	79.1	0.01291	10.45	9.50	8.55
5 x 24	2 1/2 x 10	120.0	5760.0	480.0	250.0	100.0	0.01612	13.20	12.00	10.80
5 x 29	2 1/2 x 12	145.0	10162.1	700.8	302.1	120.8	0.01935	15.95	14.50	13.05
6.5 x 6.5	3 x 3	42.2	148.7	45.7	148.7	45.7	0.00580	4.64	4.22	3.80
6.5 x 9	3 x 4	58.5	394.9	87.7	206.0	63.4	0.00774	6.43	5.85	5.26
6.5 x 14	3 x 6	91.0	1486.3	212.3	320.4	98.8	0.01161	10.01	9.10	8.19
6.5 x 16.5	3 x 7	107.2	2433.2	294.9	377.6	116.2	0.01354	11.30	10.72	9.65
6.5 x 19	3 x 8	123.5	3715.3	391.1	434.8	133.8	0.01548	13.58	12.35	11.11
6.5 x 24	3 x 10	156.0	7488.0	624.0	549.2	169.0	0.01935	17.16	15.60	14.04
6.5 x 29	3 x 12	188.5	13210.7	911.1	663.7	204.2	0.02322	20.73	18.85	16.96
9 x 9	4 x 4	81.0	546.7	121.5	546.7	121.5	0.01031	8.91	8.10	7.29
9 x 14	4 x 6	126.0	2058.0	294.0	850.5	189.0	0.01548	13.86	12.60	11.34
9 x 16.5	4 x 7	148.5	3361.1	408.3	1002.4	222.7	0.01808	16.33	14.81	13.34
9 x 19	4 x 8	171.0	5144.2	541.5	1154.2	256.5	0.02065	18.91	17.10	15.39
9 x 24	4 x 10	216.0	10368.0	864.0	1458.0	324.0	0.02579	23.76	21.60	19.44
9 x 29	4 x 12	261.0	18291.8	1261.0	1761.7	391.5	0.03096	28.71	26.10	23.49

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## 7. VERIFICACION DEL ESFUERZO CORTANTE



Sección crítica para verificación de esfuerzos de corte

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 212.46 \text{ kg} \\ w &= 106.23 \text{ kg/m} \\ h &= 19 \text{ cm} \\ b &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_h = V_{\max} - wh = 192.28 \text{ kg}$$

$$\text{Esfuerzo cortante} = \frac{1.5 V_h}{bh} = 1.69 \text{ kg/cm} \quad \text{OK}$$

$$fv = 8 \text{ kg/cm}^2$$

## 8. RESULTADOS

Las dimensiones de la VIGA son:  $b = 9 \text{ cm}$   $h = 19 \text{ cm}$

Las dimensiones de la VIGA son:  $b = 4 \text{ pulg.}$   $h = 8 \text{ pulg.}$

**TABLA 13.8 PESO PROPIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION**

Descripción	kg/m <sup>3</sup>	Descripción	kg/m <sup>3</sup>
Madera tropical al 30 % de contenido de humedad		Albañilería de adobe	1600
Grupo A	1100	Albañilería de ladrillo ordinario	1800
Grupo B	1000	Albañilería de ladrillo hueco	1450
Grupo C	900	Albañilería de cal y arena	1800
Acero de construcción	7850	Albañilería de ladrillo prensado	2200
Aluminio	2750	Albañilería de ladrillo refractorio	1900
Cobre laminado	8900	Albañilería de ladrillo calcáreo	1600
Zinc laminado	7200	Mortero cal	1700
Latón	8500	Mortero yeso	1200
Hierro colado	7250	Mortero cal y cemento	1900
Mampostería de piedra caliza	2400	Mortero de cemento	2100
Mampostería de mármol	2700	Concreto simple no armado (normal)	2300
Tierra	1800	Concreto fresco (normal)	2400
Gravas y arena secas	1600	Concreto armado (normal)	2400
Piedra caliza, dolomita	2800	Concreto de piedra pómez	1600
Piedra arenisca	2600	Concreto de escoria de caldera con un máximo de 1/3 de arena	
Travertino	2400	añadida	1600
Arcilla en masa (adobes)	2100	Concreto de ladrillo machacado	1800
Arcillas con paja	1700	Agua	1000

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

## **ANEXO II.2: METRADOS**

## HOJA DE METRADOS - INVERNADERO DE ROLLIZO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	N°VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL
				LARGO	ANCHO	ALTO		
<b>1.00.00</b>	<b>CONSTRUCCION DE INVERNADERO</b>							
<b>1.01.00</b>	<b>TRABAJOS PROVICIONALES</b>							
1.01.01	Cartel de identificacion de la obra de 3.60x2.40m	und	1.00				1.00	1.00
1.01.02	Almacen provisional de obra	m2	1.00	6.00	4.00		24.00	24.00
<b>1.02.00</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>							
1.02.01	Limpieza de terreno manual	m2	1.00	21.00	11.00		231.00	231.00
1.02.02	Trazo y replanteo preliminar	m2	1.00	20.00	10.00		200.00	200.00
<b>1.03.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
1.03.01	Refine, nivelacion y compactado manual del piso	m2	1.00	20.00	10.00		200.00	200.00
1.03.02	Excavacion manual de zanja para cimientos	m3						1.15
	eje A-A F-F, entre 1-3		6.00	0.40	0.40	0.40	0.38	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		8.00	0.40	0.40	0.40	0.51	
	eje 2-2 entere A-F		4.00	0.40	0.40	0.40	0.26	
1.03.03	Eliminacion de material excedente manual D=50m.	m3			1.15	1.25	1.44	4.80
<b>1.04.00</b>	<b>MATERIAL GRANULADO</b>							
1.04.01	Concreto 1:10+30% PM para cimientos	m3				Vol. D=4"		1.75
	eje A-A F-F, entre 1-3		1.00		0.38	-0.20	0.58	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		1.00		0.51	-0.20	0.71	
	eje 2-2 entere A-F		1.00		0.26	-0.20	0.45	
<b>1.05.00</b>	<b>MURO Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA</b>							
1.05.01	Cubierta de costados con Agrofilm C8	m2						143.80
	eje A-A F-F, entre 1-3		2.00	10.00	2.60		52.00	
	Puerta		2.00	Area=	2.10		4.20	
	eje 1-1, 3-3 entere A-F		-1.00	1.00	2.00		-2.00	
	Ventanas		2.00	20.00	2.60		104.00	
	Ventanas		-10.00	1.20	1.20		-14.40	
1.05.02	Rollizos de eucalipto (Columnas)	p2						466.53
	Columnas eucalipto Ø de 4pulg., Long. de 3.8m		6.00			32.83	196.98	
	Columnas eucalipto Ø de 4pulg., Long. de 2.6m		12.00			22.46	269.55	
<b>1.06.00</b>	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>							
1.06.01	Colocacion de puerta metalica 1x2m c/malla antiafida	und	1.00				1.00	1.00
1.06.02	Colocacion de ventana metalica 2.0x1.2m c/malla antiafida	und	10.00				10.00	10.00
<b>1.07.00</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO Y COBERTURA</b>							
1.07.01	Cobertura de techo con Agrofilm C8	m2	1.00	20.60	5.80		119.48	232.78
			1.00	20.60	5.50		113.30	
1.07.02	Cobertura de ventana de cumbrera con malla anteaafida	m2	1.00	20.00	0.50		10.00	10.00
1.07.03	Vigas soleras/Cumbreras de maderade 4" x 8"	p2	4.00			180.23	720.91	720.91
1.07.04	Viguetas de madera 4" x 8"	p2						1262.47
	Long. L=5.80m		11.00			50.74	558.18	
	Long. L=5.50m		11.00			48.12	529.31	
	Laterales Long. L=5.50m		2.00			87.49	174.98	
<b>1.09.00</b>	<b>FLETE</b>							
1.09.01	Flete terrestre	Glb	1.00			1.00	1.00	1.00
<b>2.00.00</b>	<b>IMPLEMENTACION DE INVERNADERO</b>							
2.01.00	Adquisicion de insumos	mod	1.00			1.00	1.00	1.00
2.02.00	Adquisicion de materiales, equipos y otros	mod	1.00			1.00	1.00	1.00

## **ANEXO II.3: PRESUPUESTO**

## Presupuesto

Presupuesto	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 9760 M.S.N.M		
Subpresupuesto	002	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ROLLIZO		
Cliente		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	Costo del	06/06/2016
Lugar		AYACUCHO-HUAMANGA-AYACUCHO		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ROLLIZO				29,517.05
01.01	TRABAJOS PROVICIONALES				2,040.67
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA OE 3.60x2.40M	und	1.00	574.03	574.03
01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	24.00	61.11	1,466.64
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES .				824.94
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	231.00	2.74	632.94
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	200.00	0.96	192.00
01.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				5,001.27
01.03.01	REFINE, NIVELACION Y COMPACTADO MANUAL DEL PISO	m2	200.00	24.63	4,926.00
01.03.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS	m3	1.15	34.65	39.85
01.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE MANUAL D=50M	m3.	4.80	7.38	35.42
01.04	MATERIAL GRANULADO				500.96
01.04.01	CONCRETO MEZCLA 1:10 +30% PM PARA CIMENTOS	m3	1.75	286.26	500.96
01.05	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				1,691.05
01.05.01	CUBIERTA DE COSTADOS CON AGROFILM C8	m2	143.80	5.92	851.30
01.05.02	ROLLIZO DE EUCALIPTO(COLUMNAS)	p2	466.53	1.80	839.75
01.06	CARPINTERIA DE MADERA .				2,286.27
01.06.01	COLOCACION DE PUERTA METALICA 1.0Mx2.0M INC. MALLA ANTIARIDA	und	1.00	280.57	280.57
01.06.02	COLOCACION DE VENTANAS METALICAS 2.0Mx1.2M INC. MALLA ANTIARIDA	und	10.00	200.57	2,005.70
01.07	ESTRUCTURA DE TECHO Y COBERTURA				16,521.89
01.07.01	COBERTURA DE TECHO CON AGROFILM C8	m2	232.78	5.92	1,378.06
01.07.02	COBERTURA DE VENTANA DE CUMBRERA CON MALLA ANTIARIDA	m2	10.00	5.03	50.30
01.07.03	VIGA SOLERA /CUMBRERA DE MADERA DE 4"x8"	p2	720.91	7.61	5,486.13
01.07.04	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"	p2	1,262.47	7.61	9,607.40
01.08	FLETE				650.00
01.08.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	650.00	650.00
02	IMPLEMENTACION DE INVERNADERO				750.00
02.01	ADQUISICION DE INSUMOS	gb	1.00	350.00	350.00
02.02	ADQUISICION DE MATERIALES,EQUIPOS Y OTROS	gb	1.00	400.00	400.00
	Costo Directo				30,267.05

SON: TREINTA MIL DOCIENTOS SESENTA SIETE Y 05/100 NUEVOS SOLES

## **ANEXO II.4: INSUMOS**

## Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 9760 M.S.N.M			
Subpresupuesto	002	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ROLLIZO			
Fecha	06/06/2016				
Lugar	050101	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO			
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	156.7188	15.16	2,375.86
0101010004	OFICIAL	hh	159.7264	12.89	2,058.87
0101010005	PEON	hh	356.6774	11.53	4,112.49
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	2.1400	19.30	41.30
					<b>8,588.52</b>
<b>MATERIALES</b>					
02010300010002	GASOLINA 90 OCTANOS	gal	30.0000	15.20	456.00
0203020002	FLETE TERRESTRE	gb	1.0000	650.00	650.00
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	3.4000	5.00	17.00
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	3.6000	3.81	13.72
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg	1.0000	3.22	3.22
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	1.9500	3.81	7.43
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	9.0000	3.81	34.29
0204150003	MALLA ANTIAFIDA	m2	10.3000	3.57	36.77
02070100050002	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m3	0.8750	40.00	35.00
0207030001	HORMIGON	m3	1.5577	35.00	54.52
0209010002	PUERTA CON MARCO METALICO DE 1.0Mx2.0M CON MALLA ANTIAFIDA	und	1.0000	165.00	165.00
0209010003	VENTANA CON MARCO METALICO DE 2.0Mx1.2M CON MALLA ANTIAFIDA	und	10.0000	85.00	850.00
02100500010003	AGROFILMC8	m2	395.4090	4.35	1,720.03
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	14.7500	19.07	281.28
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	2.0000	6.36	12.72
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	0.1800	6.78	1.22
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	36.0000	3.39	122.04
0231040003	ESTACAS DE MADERA	p2	4.0000	3.39	13.56
02311000010002	VIGA SOLERA/CUMBRERA DE MADERA DE 4"x6"	p2	778.5828	6.78	5,278.79
02311000010003	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"	p2	1,363.4676	6.78	9,244.31
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5" x 600 M	pza	16.0000	30.20	483.20
0231190003	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE DIAMETRO 4"	p2	503.8524	0.49	246.89
02370600040003	BISAGRA DE FIERRO DE 3"	und	0.9600	8.47	8.13
02370600040004	CALAMINA DE 1.83 m x 0.83 m x 0.27 mm	ph	19.2000	12.71	244.03
02720100060006	CANDADO INC ALDABA	und	1.2000	21.18	25.42
0290130022	AGUA	m3	4.2075	0.53	2.23
0290130023	INSUMOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	gb	1.0000	350.00	350.00
0290130024	MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	gb	1.0000	400.00	400.00
0292010001	CORDEL	m	38.0000	0.21	7.98
					<b>20,764.78</b>
<b>EQUIPOS</b>					
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	dia	0.2600	8.48	2.20
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	2.1400	12.72	27.22
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			268.88
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	64.0000	5.30	339.20
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.8667	5.30	9.89
					<b>647.39</b>
<b>SUBCONTRATOS</b>					
0425010012	CARTEL DE OBRA TIPO BANERS DE 2.40Mx3.60M	und	1.0000	255.00	255.00

### Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 9760 M.S.N.M			
Subpresupuesto	002	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ROLLIZO			
Fecha	30/05/2016				
Lugar	050101	'AYACUCHO- HUAMANGA -AYACUCHO'			
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
					255.00
				Total	S/ 30,255.69

## **ANEXO II.5: ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1201001	DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHOA9760 M.S.N.M			Fecha presupuesto	06/06/2016
Subpresupues	001	CONSTRUCCION DE INVERNADERO DE ROLLIZO				
Partida	01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x2.40M				
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por :ur		674.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	4.0000	15.16	60.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	8.0000	11.53	92.24
						<b>152.88</b>
<b>Materiales</b>						
2040100010	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		1.0000	5.00	5.00
2041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		1.9500	3.81	7.43
2041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		3.0000	3.81	11.43
0207030001	HORMIGON	m3		0.0350	35.00	1.23
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (425 kg)	bol		0.7500	19.07	14.30
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.1800	6.78	1.22
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5"x6.00 M	pza		4.0000	30.20	120.80
0290130022	AGUA	m3		0.2800	0.53	0.15
						<b>161.66</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	152.88	4.59
						<b>4.59</b>
<b>Subcontratos</b>						
0425010012	CARTEL DE OBRA TIPO BANERS DE 2.40Mx3.60M	und		1.0000	255.00	255.00
						<b>255.00</b>
Partida	01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 15.00	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2		61.11
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	15.16	8.08
0101010005	PEON	hh	3.0000	1.6000	11.53	18.45
						<b>26.53</b>
<b>Materiales</b>						
2040100010	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.1000	5.00	0.50
2041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.1500	3.81	0.57
2041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.2500	3.81	0.95
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		1.5000	3.39	5.09
0231190002	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE 5" x 6.00 M	pza		0.5000	30.20	15.10
2370600040	BISAGRA DE FIERRO DE 3"	und		0.0400	8.47	0.34
2370600040	CALAMINA DE 1.83 m x 0.83 m x 0.27 mm	ph		0.8000	12.71	10.17
2720100060	CANDADO INC. ALDABA CANAL UNISTRUT 1 5/8" x 1 5/8"	und		0.0500	21.18	1.06
						<b>33.78</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	26.53	0.80
						<b>0.80</b>
Partida	01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 40.00	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : m2		2.74
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.1000	0.0200	15.16	0.30
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.2000	11.53	2.31
						<b>2.61</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.61	0.13
						<b>0.13</b>

Partida		TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 750.00	EQ. 750.0000	Costo unitario directo por : m2		0.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0107	12.89	0.14
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0213	11.53	0.25
1010300000	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0107	19.30	0.21
<b>Materiales</b>						
2041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 21/2"	kg		0.0050	3.22	0.02
2130300010	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	6.36	0.06
0231040003	ESTACAS DE MADERA	p2		0.0200	3.39	0.07
0292010001	CORDEL	m		0.1900	0.21	0.04
<b>Equipos</b>						
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	dia	1.0000	0.0013	8.48	0.01
0301000020	ESTACION TOTAL	hm	1.0000	0.0107	12.72	0.14
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.60	0.02
<b>0.17</b>						

Partida		REFINE, NIVELACION Y COMPACTADO MANUAL DEL PISO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 25.00	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		24.63
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	15.16	4.85
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	12.89	4.12
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.9600	11.53	11.07
<b>20.04</b>						
<b>Materiales</b>						
02010300010	GASOLINA 90 OCTANOS	gal		0.1500	15.20	2.28
0290130022	AGUA	m3		0.0180	0.53	0.01
<b>2.29</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	20.04	0.60
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.0000	0.3200	5.30	1.70
<b>2.30</b>						

Partida		EXCAVACION MANUAL DE ZANJAS PARA CIMENTOS				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 25.00	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m3		34.65
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	12.89	4.12
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.5600	11.53	29.52
<b>33.64</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	33.64	1.01
<b>1.01</b>						

Partida	<b>01.03.04</b>	<b>ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE MANUAL D=50M</b>				
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>MO. 50.00</b>	<b>EQ. 50.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m3</b>		<b>7.38</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.6400	11.53	7.38
						<b>7.38</b>
Partida	<b>01.04.02</b>	<b>CONCRETO MEZCLA 1:10 +30% PM PARA CIMENTOS</b>				
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>MO. 7.50</b>	<b>EQ. 7.5000</b>	<b>Costo unitario directo por : m3</b>		<b>286.26</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1.0667	12.89	13.75
0101010005	PEON	hh	5.0000	5.3333	11.53	61.49
						<b>75.24</b>
	<b>Materiales</b>					
2070100050	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m3		0.5000	40.00	20.00
0207030001	HORMIGON	m3		0.8700	35.00	30.45
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.0000	19.07	152.56
0290130022	AGUA	m3		0.1800	0.53	0.10
						<b>203.11</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	75.24	2.26
3012900030	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	1.0000	1.0667	5.30	5.65
Partida	<b>01.05.01</b>	<b>CUBIERTA DE COSTADOS CON AGROFILM C8</b>				
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>MO. 250.00</b>	<b>EQ. 250.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : m2</b>		<b>5.92</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	12.89	0.82
						<b>1.31</b>
	<b>Materiales</b>					
2100500010	AGROFILMC8	m2		1.0500	4.35	4.57
						<b>4.57</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.31	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	<b>01.05.02</b>	<b>ROLLIZO DE EUCALIPTO(COLUMNAS)</b>				
Rendimiento	<b>p2/DIA</b>	<b>MO. 250.00</b>	<b>EQ. 250.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : p2</b>		<b>1.80</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0640	11.53	0.74
						<b>1.23</b>
	<b>Materiales</b>					
0231190003	ROLLIZO DE EUCALIPTO DE DIAMETRO 4"	p2		1.0800	0.49	0.53
						<b>0.53</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.23	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	<b>01.06.01</b>	<b>COLOCACION DE PUERTA METALICA 1.0Mx2.0M INC. MALLA ANTIAFIDA</b>				
Rendimiento	<b>und/DIA</b>	<b>MO. 2.00</b>	<b>EQ. 2.0000</b>	<b>Costo unitario directo por : und</b>		<b>280.57</b>
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	15.16	60.64
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	12.89	51.56
						<b>112.20</b>
	<b>Materiales</b>					
0209010002	PUERTA CON MARCO METALICO DE 1.0Mx2.0M CON MALL und			1.0000	165.00	165.00
						<b>165.00</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	112.20	3.37
						<b>3.37</b>

Partida	<b>01.06.02</b>	<b>COLOCACION DE VENTANAS METALICAS 2.0Mx1.2M INC. MALLA ANTIAFIDA</b>				
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.00	EQ. 2.0000	Costo unitario directo por : und		200.57
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	15.16	60.64
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	4.0000	12.89	51.56
						<b>112.20</b>
	<b>Materiales</b>					
0209010003	VENTANA CON MARCO METALICO DE 2.0Mx1.2M CON MAL	und		1.0000	85.00	85.00
						<b>85.00</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	112.20	3.37
						<b>3.37</b>
Partida	<b>01.07.01</b>	<b>COBERTURA DE TECHO CON AGROFILM C8</b>				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.00	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		5.92
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	12.89	0.82
						<b>1.31</b>
	<b>Materiales</b>					
2100500010	AGROFILM C8	m2		1.0500	4.35	4.57
						<b>4.57</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.31	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	<b>01.07.02</b>	<b>COBERTURA DE VENTANA DE CUMBRERA CON MALLA ANTIAFIDA</b>				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 250.00	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m2		5.03
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	15.16	0.49
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	12.89	0.82
						<b>1.31</b>
	<b>Materiales</b>					
0204150003	MALLA ANTIAFIDA	m2		1.0300	3.57	3.68
						<b>3.68</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.31	0.04
						<b>0.04</b>
Partida	<b>01.07.03</b>	<b>VIGA SOLERA /CUMBRERA DE MADERA DE 4"x8"</b>				
Rendimiento	p2/DIA	MO. 700.00	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : p2		7.61
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0114	12.89	0.15
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0114	11.53	0.13
						<b>0.28</b>
	<b>Materiales</b>					
2311000010	VIGA SOLERA/CUMBRERA DE MADERA DE 4x6"	p2		1.0800	6.78	7.32
						<b>7.32</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.28	0.01
						<b>0.01</b>

Partida	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"					
Rendimiento	p2/DIA	MO. 700.00	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : p2		7.61
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0114	12.89	0.15
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0114	11.53	0.13
<b>Materiales</b>						
2311000010	VIGUETA DE MADERA DE 4"x8"	p2		1.0800	6.78	7.32
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.28	0.01
<b>0.01</b>						
Partida	FLETE TERRESTRE					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb		650.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Materiales</b>						
0203020002	FLETE TERRESTRE	glb		1.0000	650.00	650.00
<b>650.00</b>						
Partida	ADQUISICION DE INSUMOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb		350.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Materiales</b>						
0290130023	INSUMOS NECESARIOS PARA EL INVERNADERO	gb		1.0000	350.00	350.00
<b>350.00</b>						
Partida	ADQUISICION DE MATERIALES,EQUIPOS Y OTROS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.00	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb		400.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Materiales</b>						
0290130024	MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA EL INVERNA	gb		1.0000	400.00	400.00
<b>400.00</b>						

Fecha : 31/05/2016 01:19:48 a.m.

## **ANEXO II.6 CÁLCULO DE CARGAS VIENTO, GRANIZADAS**

## CALCULO DE LAS CARGAS PRODUCTO DEL VIENTO Y LAS GRANIZADAS

### CARGA MUERTA:

Cobertura de techo con Agro film C8

PESO DE LA MALLA AGROFILM C8	:	0.14 Kg/m <sup>2</sup>
Área del invernadero 20.20*10.20	:	206.04 m <sup>2</sup>
Peso total de la malla Agro film	:	28.8456 Kg
Peso de la correa de la armadura (2"*3")	:	2.52 Kg/ml
Cantidad total de correas	:	18 und.
Peso total de las correas	:	45.36 Kg

PESO TOTAL DE LA CARGA MUERTA (D)

$$D = 74.2056 \text{ Kg}$$

### CARGA VIVA

Cargas debido a la granizada : 30 Kg/ml

Cargas debido al viento

Para velocidad de : 4 m/seg.

Haciendo una conversión : 14.4 Km/Hora

Para el cálculo de peso del viento

$$\text{Peso} = 0.0075 (v)^2$$

Reemplazando en la Formula se tiene

$$P = 0.0075 (14.4)^2$$

$$P = 1.56 \text{ Kg/m}^2$$

CALCULO TOTAL DE LA CARGA VIVA (L)

$$L = 31.56$$

**CALCULO DE PESO TOTAL DEL INVERNADERO (w)**

$$W = 1.5 (D) + 1.8 (L)$$

Donde:

D : Carga muerta

L : Carga Viva

$$W = 1.5 (74.21) + 1.8 (31.56)$$

$$W = 168.1164 \text{ Kg/ml.}$$

## CALCULO DE LA CALEFACCION DE UN INVERNADERO

"Si las temperaturas reinantes en el invernadero están por debajo de las óptimas habrá que recurrir a calefaccionarlo. Prescindiendo de sistemas rudimentarios, los generadores de aire caliente con quemadores de aceite pesados suelen resultar los más racionales, siendo prohibitiva la calefacción eléctrica.

La calefacción debe compensar las pérdidas de calor por radiación, renovación de aire, conducción, convección y por el suelo. Si se prescinde de la renovación de aire, que suele ser nula en invierno, puede hacerse el cálculo aproximadamente por la fórmula:"

$$C = K * S * (t_i - t_e)$$

DONDE:

- C = Kilocalorías/horas necesarias
- K = Coef. De transmisión de la cubierta (de 2,5 a 7)
- S = Superficie de la cubierta y paredes
- $t_i - t_e$  = Incremento temperatura en el interior respecto al exterior

$$C = 2.5 * 206.04 * (10^\circ - 9^\circ)$$

REEMPLAZANDO LOS DATOS:

$$C = 515.1 \text{ kcal/h}$$

Equivalente a una potencia eléctrica de 599 kw.

## CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN NECESARIA EN UN INVERNADERO

“Está claro que un correcto movimiento de aire, influye positivamente en el buen funcionamiento de la planta intrínsecamente, pero también podemos añadir que si no existiese una correcta ventilación en un cultivo, habría zonas con diferencia de temperatura y humedad, y esto se notaría lógicamente en un descenso de la producción de la explotación.

Lo ideal es que se renovara todo el aire, que rodea a un cultivo intensivo bajo abrigo, unas 45 veces en una hora, pero este óptimo es bastante difícil de conseguir, pues deberíamos de tener una gran superficie de ventanas y unas circunstancias climáticas exteriores óptimas.”

### VENTILACIÓN EN INVERNADEROS

Estos ventiladores pueden ser extractores de gran volumen de aire y lo mueven a poca velocidad, situándose en las partes laterales del invernadero (ventiladores de gran caudal) o pueden situarse dentro del invernadero, moviendo el aire a mayor velocidad, pero en menor volumen de aire, ya que se pretende homogeneizar las distintas capas de aire que hay en este, por lo que se denominan destratificadores o ventiladores de poco caudal.

$$Q = S \cdot F$$

Donde:

Q = Caudal necesario en Litros por Segundo (L/Seg.)

S = Superficie del Local (m<sup>2</sup>)

F = Factor de la Tabla según la Norma de la (ONU)

REEMPLAZANDO LOS DATOS SE TIENE

S = 206.04

F = 2 SEGÚN TABLA

$$Q = 412.08 \text{ L/Seg.}$$

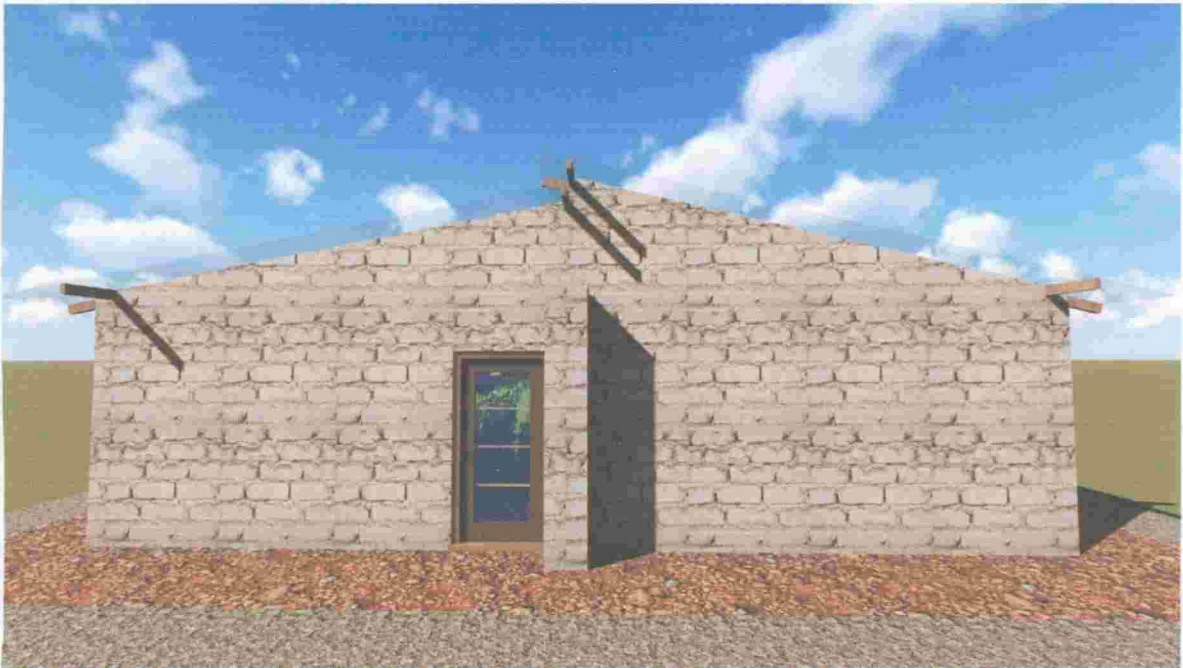
**CAUDALES DE AIRE INTERIOR MÍNIMO DE VENTILACIÓN  
(SEGÚN NORMA UNE 100011)-**

Tipo de local	Caudales de aire exterior en l/s por unidad			
	Por persona	Por m <sup>2</sup>	Por local	Otros
<input type="checkbox"/> Almacenes		0,75 a 3		
<input type="checkbox"/> Aparcamiento		5		
<input type="checkbox"/> Archivos		0,25		
<input type="checkbox"/> Areas públicas (1)				20 (15)
<input type="checkbox"/> Areas industriales			15	
<input type="checkbox"/> Auditórium	8			
<input type="checkbox"/> Autos	8			
<input type="checkbox"/> Autopista		2,5		
<input type="checkbox"/> Baños	12	12		
<input type="checkbox"/> Cafeterías	15	15		
<input type="checkbox"/> Canchales para el deporte		2,5		
<input type="checkbox"/> Guardarías	10	8		
<input type="checkbox"/> Cocinas (2) (3)	8	2		
<input type="checkbox"/> Oficinas, Salas de	20	15		
<input type="checkbox"/> Directorios colectivos	8	1,5		
<input type="checkbox"/> Escuelas	8	8		
<input type="checkbox"/> Estaciones y recepción (Salas)	8	4		
<input type="checkbox"/> Estudios fotográficos		2,5		
<input type="checkbox"/> Exposiciones (Salas de)	8	4		
<input type="checkbox"/> Salas de fiestas	15	15		
<input type="checkbox"/> Sala de fumar	10	1,5		
<input type="checkbox"/> Oficinas	12	4		
<input type="checkbox"/> Grados de recintos deportivos	8	12		
<input type="checkbox"/> Grados a alta cota (14)	8	2		
<input type="checkbox"/> Habitaciones de hotel			15	
<input type="checkbox"/> Habitaciones de hospital	15			
<input type="checkbox"/> Imprentas, re-producción y similares		2,5		
<input type="checkbox"/> Salas de juntas	12	10		
<input type="checkbox"/> Laboratorios (6)	10	3		
<input type="checkbox"/> Lavanderías industriales (1) (3)	15	5		
<input type="checkbox"/> Vestibulos	10	15		
<input type="checkbox"/> Oficinas	10	1		
<input type="checkbox"/> Pasos de calles comerciales		7		
<input type="checkbox"/> Pasillos (15)				
<input type="checkbox"/> Pasillos (7)		2,5		
<input type="checkbox"/> Quilómetros y zonas	15	3		
<input type="checkbox"/> Salas de reuniones	10	5		
<input type="checkbox"/> Salas de recuperación	10	1,5		
<input type="checkbox"/> Supermercados (14)	8	1,5		
<input type="checkbox"/> Talleres:				
- En general	30	3		
- Escuelas técnicas	10	3		
- De reparación automovilística (6)		7,5		
<input type="checkbox"/> Talleres para oficio:	8			
Talleres:				
- En general	10	0,75		
- Especiales (8)	-	5		
- Especiales (10)	-	2		
<input type="checkbox"/> UVB (8)	10	1,5		
<input type="checkbox"/> Vestuarios (8)		2,5		10 (12)

\* El número de la norma que se refiere en cada caso.

**ANEXO III: PANEL FOTOGRAFICO**

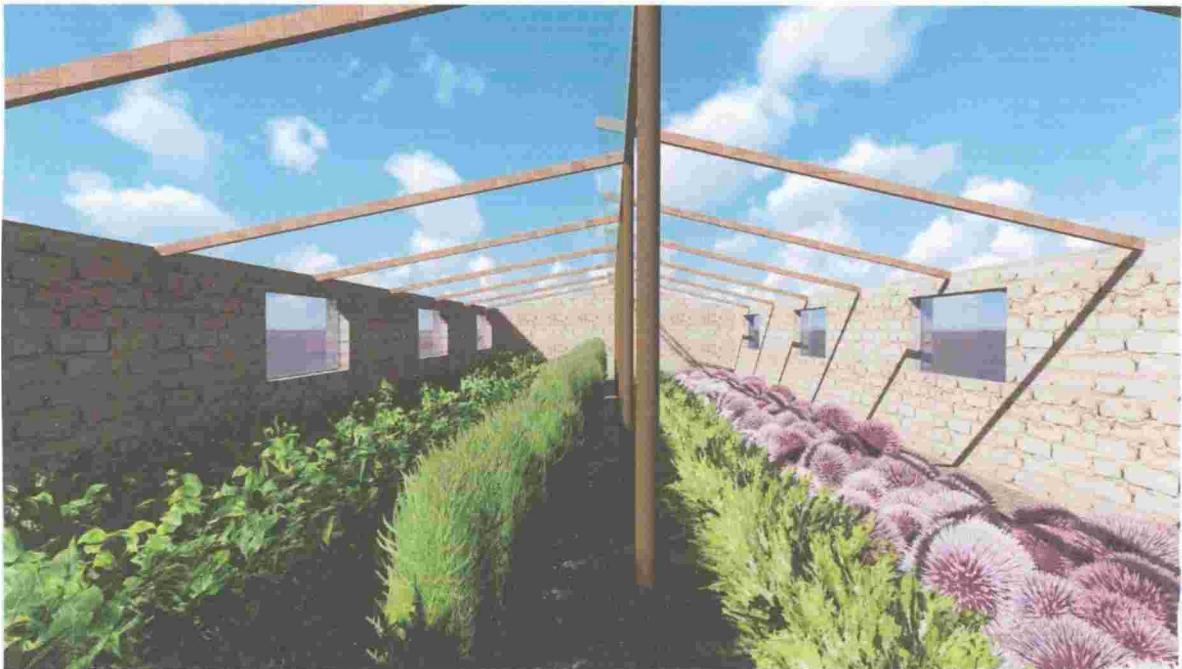
## A. INVERNADERO DE ADOBE:



**Figura N° 01:** Vista de elevación transversal invernadero de adobe.



**Figura N° 02:** Vista de elevación longitudinal invernadero de adobe.

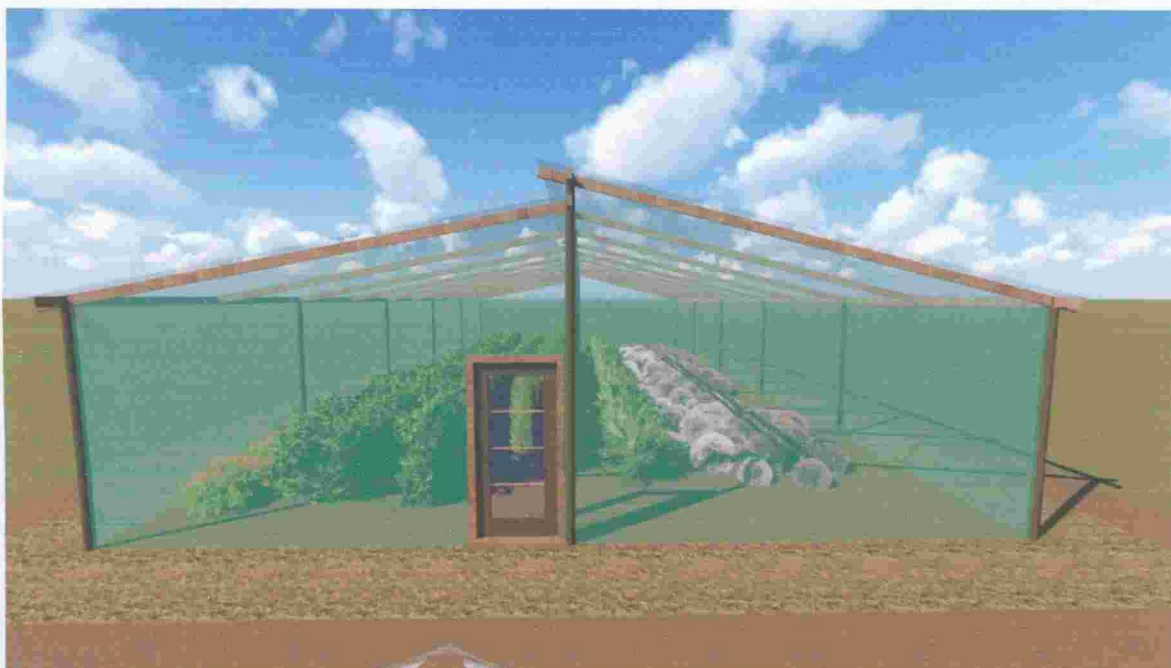


**Figura N° 03:** Vista de interior del invernadero de adobe.



**Figura N° 04:** Vista de elevación Isométrica del invernadero de adobe.

## B. INVERNADERO CON ROLLIZO:



**Figura N° 01:** Vista de elevación transversal de invernadero de rollizo.



**Figura N° 02:** Vista de elevación longitudinal de invernadero de rollizo.



**Figura N° 01:** Vista de Interior del Invernadero de rollizo.



**Figura N° 04:** Vista de elevación Isométrica del invernadero de rollizo.

## **ANEXO III.2 COSTO DE PRODUCCION DE TOMATE**

## COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE TOMATE

**VARIEDAD** : RIOGRANDE  
**CLASE DE SEMILLA** : CERTIFICADA  
**SISTEMA DE SIEMBRA** : INDIRECTO  
**NIVEL TECNOLÓGICO** :MEDIO  
**PERIODO VEGETATIVO** : 5 MESES  
**FECHA DE COSTEO** : JULIO-2016

SE CULTIVARA DOS VECES AL AÑO

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº UNIDAD	PRECIO PARCIAL (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
<b>I COSTO DIRECTO</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Almacigo</b>				
Preparación de almácigo	Jor.	1	35	35
Siembra y manejo	Jor.	2	35	70
<b>Preparación de suelo</b>				
Rotura de suelo	H/M	4	50	200
Mullido de suelo	H/M	2	60	120
Surcado de suelo	H/M	4	50	200
<b>Transplante</b>				
Selección y sacado de plantulas	Jor.	2	35	70
Transplante propiamente dicha	Jor.	20	35	700
<b>Abotamiento</b>				
Primera abonamiento	Jor.	3	35	105
Segunda abonamiento	Jor.	2	35	70
<b>Labores culturales</b>				
Recalce	Jor.	2	35	70
Primer deshierbo	Jor.	20	35	700
Segundo deshierbo	Jor.	15	35	525
Riego	Jor.	10	35	350
<b>Control fitosanitario</b>				
Aplicación de productos fitosanitarios	Jor.	4	35	140
<b>Cosecha</b>				
Corte cuello de planta	Jor.	15	35	525
Casificación	Jor.	3	35	105
carguio	Jor.	2	35	70

## COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE TOMATE

**VARIEDAD** : RIOGRANDE  
**CLASE DE SEMILLA** : CERTIFICADA  
**SISTEMA DE SIEMBRA** : INDIRECTO  
**NIVEL TECNOLÓGICO** : MEDIO  
**PERIODO VEGETATIVO** : 5 MESES  
**FECHA DE COSTEO** : JULIO-2016

### Insumos

Semilla	Kg	1	420	420
<b>Fertilizante (100 - 40 - 40)</b>				
Nitrado de Amonio	Kg	335	1.8	603
Fosfato Di Amonico	Kg	260	2.1	546
Cloruro de Potacio	Kg	135	1.8	243
<b>Pestesidas</b>				
Folcistema	Lt.	1	200	200
Benfuracarb	Lt.	2	105	210
Permetrina	Lt.	1	180	180
Imidaclopria	Lt.	0.3	220	66
Ciromazina	Kg.	0.1	300	30
Propineb+cymoxanil	Kg.	2	75	150
Mancozeb	Kg.	2	60	120
Difenoconazol	Lt.	1	330	330
Abono foliar	Kg.	4	35	140
Lissapol NX	Lt.	2	18	36

### GASTOD GENERALES

Imprevistos (10% gastos de cultivo) 732.9  
**TOTAL DE COSTOS DIRECTOS 8061.9**

### II COSTO INDIRECTO

Costos Financieros (0% C.D./mes)

**TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA POR HA 8061.9**  
**TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA POR 200 M2 161.238**

VALORIZACION DE LA COSECHA		
AREA EN M2	10000	200
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)	12090.17504	1209.0175
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)	1.13	1.13
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)	13661.8978	1366.19
D. Valor Neto de la Producción (S/.)	5600.00	1204.95



4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050
Depreciaciones	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534
(-) costos de producción	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Utilidad bruta</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>
(-) costos operativos	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Utilidad operativa</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>
(-) costos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>1083</b>	<b>11083</b>	<b>111083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>
(-) Impuesto a la renta(30%)	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325
<b>Utilidad neta</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>

FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>INGRESOS</b>	<b>2050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>2050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>14443</b>
cebolla	0	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050
Recupero de activo fijo										2393
<b>EGRESOS</b>	<b>40859</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>
Costo preoperativo	36129	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion activ. Fijo	4730	0	0	0	0	0	0	0	0	0
costos de producción	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
costos operativos	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
impuesto a la renta	0	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325
<b>3.FLUJO ECON.</b>	<b>-40859</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>9618</b>
Prestatno	0									
Amortizacion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4.FLUJO FINAL</b>	<b>-40859</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>9618</b>

CÁLCULO DE VAN

S/ -5,398.63 >0

CÁLCULO DE TIR\*

12.43% >10%

CÁLCULO DE B/C

S/ 0.87 >1

7225



**4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS**

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050
Depreciaciones	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534
(-) costos de producción	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Utilidad bruta</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>	<b>11583</b>
(-) costos operativos	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Utilidad operativa</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>
(-) costos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>	<b>11083</b>
(-) Impuesto a la renta(30%)	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325
<b>Utilidad neta</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>	<b>7758</b>

**FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

Rubros/Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1.INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>12050</b>	<b>14443</b>
Tomate	0	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050	12050
Recupero de activo fijo											2393
<b>2. EGRESOS</b>	<b>34997</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>	<b>4825</b>
Costo preoperativo	30267	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion activ. Fijo	4730	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
costos de producción	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
costos operativos	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
impuesto a la renta	0	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325
<b>3.FLUJO ECON.</b>	<b>-34997</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>9618</b>
Prestamo	0										
Amortizacion		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4.FLUJO FINAL</b>	<b>-34997</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>7225</b>	<b>9618</b>

**CÁLCULO DE VAN**

S/. 463.31 >0

**CÁLCULO DE TIR**

16.35% > 10%

**CÁLCULO DE B/C**

S/. 1.01 >1

## COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE LECHUGA

**VARIEDAD** : ROSALITA  
**CLASE DE SEMILLA** : CERTIFICADA  
**SISTEMA DE SIEMBRA** : INDIRECTO  
**NIVEL TECNOLÓGICO** : MEDIO  
**PERIODO VEGETATIVO** : 4 MESES  
**FECHA DE COSTEO** : JULIO-2016  
 SE CULTIVARA 3 CAMPAÑAS AL AÑO

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº UNIDAD	PRECIO PARCIAL (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
<b>I COSTO DIRECTO</b>				<b>4280</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
<b>Almacigo</b>				
Preparación de almácigo	Jor.	1	35	35
Siembra y manejo	Jor.	2	35	70
<b>Preparación de suelo</b>				
Rotura de suelo	H/M	4	50	200
Mullido de suelo	H/M	2	60	120
Surcado de suelo	H/M	4	50	200
<b>Transplante</b>				
Selección y sacado de plantulas	Jor.	2	35	70
Transplante propiamente dicha	Jor.	18	35	630
<b>Abotamiento</b>				
Primera abonamiento	Jor.	3	35	105
Segunda abonamiento	Jor.	2	35	70
<b>Labores culturales</b>				
Recalce	Jor.	2	35	70
Primer deshierbo	Jor.	18	35	630
Segundo deshierbo	Jor.	15	35	525
Riego	Jor.	10	35	350
<b>Control fitosanitario</b>				
Aplicación de productos fitosanitarios	Jor.	4	35	140
<b>Cosecha</b>				
Corte cuello de planta	Jor.	15	35	525
Casificación	Jor.	3	35	105
carguio	Jor.	2	35	70

## COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE LECHUGA

**VARIEDAD** : ROSALITA  
**CLASE DE SEMILLA** : CERTIFICADA  
**SISTEMA DE SIEMBRA** : INDIRECTO  
**NIVEL TECNOLÓGICO** : MEDIO  
**PERIODO VEGETATIVO** : 4 MESES  
**FECHA DE COSTEO** : JULIO-2016

### Insumos

Semilla	Kg	0.5	200	100
<b>Fertilizante (100 - 40 - 40)</b>				
Nitrado de Amonio	Kg	20	1.8	36
Fosfato Di Amonico	Kg	30	2.1	63
Cloruro de Potacio	Kg	20	1.8	36
<b>Pestesidas</b>				
Metamidofos	L	1	30	30
Propineb	Kg	1	40	40
Abono foliar	Kg	2	25	50
Lissapol NX	L	0.5	20	10

### GASTOS GENERALES

Imprevistos (10% gastos de cultivo)	428
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	<b>4708</b>

### II COSTO INDIRECTO

Costos Financieros (0% C.D./mes)

<b>TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA POR HA</b>	<b>4708</b>
<b>TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA POR 200 M2</b>	<b>282.48</b>

VALORIZACION DE LA COSECHA		
AREA EN M2	10000	200
A. Rendimiento Probable (kg./ha.)	51862	1500
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)	1	1
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)	51862	1500.00
D. Valor Neto de la Producción (S/.)	5600	1217.52



**4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS**

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175
Depreciaciones	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534
(-) costos de producción	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Utilidad bruta</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>
(-) costos operativos	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Utilidad operativa</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>
(-) costos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>
(-) Impuesto a la renta(30%)	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363
<b>Utilidad neta</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>

**FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1.INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>14568</b>
Lechuga	0	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175
Recupero de activo fijo										2393
<b>2. EGRESOS</b>	<b>34997</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>
Costo preoperativo	30267	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion activ. Fijo	4730	0	0	0	0	0	0	0	0	0
costos de producción	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
costos operativos	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
impuesto a la renta	0	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363
<b>3.FLUJO ECON.</b>	<b>-34997</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>9706</b>
Prestamo	0									
Amortizacion		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4.FLUJO FINAL</b>	<b>-34997</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>9706</b>

**CÁLCULO DE VAN**  
**CÁLCULO DE TIR**  
**CÁLCULO DE B/C**

S/. 888.52 >0  
 16.67% >16%  
 S/. 1.03 >1



**4. ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS**

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175
Depreciaciones	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534
(-) costos de produccion	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Utilidad bruta</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>	<b>11709</b>
(-) costos operativos	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
<b>Utilidad operativa</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>
(-) costos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>	<b>11209</b>
(-) Impuesto a la renta(30%)	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363
<b>Utilidad neta</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>	<b>7846</b>

**FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

Rubros/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1.INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>12175</b>	<b>14568</b>
Lechuga	0	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175	12175
Recupero de activo fijo							0		0	2393
<b>2. EGRESOS</b>	<b>40859</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>	<b>4863</b>
Costo preoperativo	36129	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion activ. Fijo	4730	0	0	0	0	0	0	0	0	0
costos de produccion	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
costos operativos	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500
impuesto a la renta	0	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363
<b>3.FLUJO ECON.</b>	<b>-40859</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>9706</b>
Prestamo	0									
Amortizacion		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4.FLUJO FINAL</b>	<b>-40859</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>7313</b>	<b>9706</b>

**CÁLCULO DE VAN** S/. -4,973.42 >0  
**CÁLCULO DE TIR** 12.71% >16%  
**CÁLCULO DE B/C** S/. 0.88 >1

# DISEÑO AGRONÓMICO

CULTIVO: TOMATE

SISTEMA DE RIEGO:GOTEO

## DATOS DE ENTRADA

Eto(mm/día)	2.79
Ktan	1
Humedad relativa media HRm(%)	60
Velocidad de viento >3m/s	de(H): a(H):

Area bruta: A(ha)	0.025
Area neta bajo riego Sr(Ha)	0.02
espaciamiento entre plantas Dp e/ hilera Dh(m)	0.6
	0.5
Pendiente(%)	2

Caudal(m <sup>3</sup> /h) Qs	0.087
Caudal(L/S) Qs	0.02
Disponibilidad	s/limitaciones

Nombre:	Tomate
fase	media. Temprana
Kc	0.8
%de area bajo riego Par	30
	70
Profundidad radicular efectiva Zr(m)	0.6
Máximo% de agua aprovechable Pa	25

método	goteo
Eficiencia de riego(%) Ef	90
Modelo de emisor	NETAFIM PC 16-2.1-65
Presion de operacion(atm)	1
Caudal de; emisor q(l/h)	2.1
Diametro efectivo d(m)	0.82
Angulo de cobertura α	360
Espaciamiento entre emisores de e/lateral dl(m)	0.6
Numero de emisores por planta Nep	1.00
Máximo horas de operación. Por día Hd(h)	24
Dias de paro/ciclo	0

Textura	arcilloso
Hcc (%w)	27.6
Hpm(%w)	15.1
Peso especifico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.32
velocidadde infiltración básica lf(mm/h)	4
profundidad efectiva (m)	1.5

## DATOS DE SALIDA

1	Lamina de agua disponible/zr	LDzr	$(Hcc-Hpm)*(pea/pew)*Zr*10$	99.00	mm/zr
2	Volumen disponible/zr	VDzr	$LDzr*10$	990.00	m <sup>3</sup> /Ha/zr
3	Lamina de agua aprovechable	LAzr	$LDzr*pa/100$	24.75	mm/zr
4	porcentaje de area bajo riego	Par	$100*.785*d^2*\alpha/de*dl*360$	59	(%)
5	% area bajo riego/planta		$100*.785*d^2*nep*\alpha/da*dh*360$	176	(%)
6	Diametro humedecido		$Qe/0.785*I$	0.82	m
7		Par	S <sub>máx</sub> (par, rec.)		ACEPTADO
8		Par	≥ <sub>min</sub> (par, rec.)		ACEPTADO
9	Presipitación horaria	Phr	$qe*100/de*dl*par$	4	mm/hr
10		Phr	≤ 1		ACEPTADO
11	Evapotranspiracion del cultivo	Etc	$Etan*Ktan*Kc(fase del cultivo)$	2.23	mm/día
12	intervalo de riego	lr	$LAzr*par/Etc*100$	6.50	día
13	Intervalo de riego ajustado	lr(aj)	INTEGRO(lr)	2.00	día
14	Ciclo de riego	CR	$lr(aj)-DP$	2.00	día
15	lámina de riego ajustado	Lr(aj)	$lr(aj)*Etc*100/par$	7.6	mm
16		LR(aj)	≤ LAzr		ACEPTADO
17	% de agua aprovechada ajustad	Pa(aj)	$LR(aj)*100/LDzr$	8	%
18		Pa(aj)	≤ Pa		ACEPTADO
19	Lámina bruta	LB	$LR(aj)*100/Ef$	8.5	mm
20	Dosis riego bruta	DB	$LB*par/10$	49.66	m <sup>3</sup> /ha
21	Dosis bruta/planta	dBp	$LB*Dp*dh*Par/100$	1.49	m <sup>3</sup> /ha
22	Horas por turno	Ht	$LB/Phr$	2.13	h/turno
23	Turno por día	Td	INTEGRO(Hd/ht)	11	turno/día
24	Horas de riego por día	Hd	$Td*Ht$	23.41	h/día
25	horas por cilo	Hc	$CR*Hd$	46.80	h/ciclo
26	turno por Ciclo	Tc	$CR*Td$	22.00	turno/Ciclo
27	Superficie por por turno	St	$Sr/Tc$	0.00	Ha/turno
28	Dosis bruta por turno	DBt	$St*DB$	0.05	m <sup>3</sup> /turno
29	Caudal requerido	Qr	$DBt/Ht$	0	m <sup>3</sup> /hr
30		Qr	≤ Qs		ACEPTADO
31	#de emisores por turno	Emt	$Qr*1000/qe$	10	e/turno
32	Volumen bruto por ciclo	VBc	$DBt*Tc$	1	m <sup>3</sup> /ciclo
	Volumen bruto por Ciclo/frutales	VBc	$Dbp*Np/1000$	0.02	m <sup>3</sup> /ciclo
33	Caudal específico	Qe	$Qr/A$	0.85	m <sup>3</sup> /Ha/h
34	Caudal específico	Qe	$Qr/A$	0.24	L/S

**DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO**

SISTEMA DE RIEGO	
Metodo	goteo
Eficiencia de riego (%) Ef	0.9
modelo del emisor	NETAFIM PC 16-2.1-65
Presion nominal m ha	10
Caudal nominal (lt/h)	2.1
Coficiente de uniformidad: C.U. (%)	0.95
cofeciente de Variabilidad	5
Numero de goteros/planta	1.00
Espaciamiento o distancia entre laterales (m)	
Espaciamiento entre goteros (m) Se	0.6
Long equivalente para gotero Fe	0.1
k	2.73

material de tuberia	
PVC(C)	150
diam int( mm)	84.1
PE(C)	130
diam int( mm)	14
Nº de salidas o bigotes	2
ARCO DE RIEGO	
Fierro Galvanizado (C)	100
diam int( mm)	84.1
Long. Del arco	3
long. Equivalente por perdidas de carga por accesorios	3

DATOS DEL SUELO	
Textura	arcilloso
HCC (Hbss)	27.6
HPm (Hbss)	15.1
densidad de suelo (gr/cm3)	1.32
Porcenta je de agotamiento (Pa)	25
porfundidad de raices Pr (m)	0.6

DATOS DEL CULTIVO	
Nombre	Tomate
ETC max (mm/dia)	2.23

DATOS DE LA PARCELA	
Area total de riego	0.02
area de la sub unidad	0
Long. De lateral	20
	0.5
long. Del manifold	20
	0.5

TRAMO	DISTANCIA	
A-B/A-F	20	1
B-C/F-G	20	1.00
C-D/G-H	20	1.00
D-E/H-I	20	1.00

**TUBO PVC-U PARA FLUIDOS A PRESION CON EMPALME ESPIGA CAMPANA O SIMPLE PRESION (SP) ESPECIFICACIONES TECNICAS NTP 399,002**

NO M Pulg	DIAMETRO EXTERIOR REAL mm	LONGITUD TOTAL UTIL metros		CLASE 5 75 PSI (5 bar)			CLASE 7.5 105 PSI (7.5 bar)		
				ESP. mm	Diam. Inter mm	PESO Kg. x tubo	ESP. mm	Diam. Inter mm	PESO Kg. x tubo
1/2	21	5	4.97	-	-	-	-	-	-
3/4	26.5	5	4.96	-	-	-	-	-	-
1	33	5	4.96	-	-	-	-	-	-
1.1/	42	5	4.96	-	-	-	1.8	38.4	1.74
1.1/	48	5	4.96	-	-	-	1.8	44.4	2.016
2	60	5	4.95	1.8	56.4	2.359	2.2	55.4	3.082
2.1/	73	5	4.94	1.8	62.4	3.102	2.6	67.8	4.435
3	88.5	5	4.93	2.2	84.1	4.599	3.2	82.1	6.612
4	114	5	4.9	2.8	108.4	7.540	4.1	105.8	10.911
6	168	5	4.86	4.1	159.8	16.278	6.1	155.8	23.923
8	219	5	4.82	5.3	208.4	27.440	7.9	203.2	40.405
10	273	5	4.77	6.7	259.6	43.223	9.9	253.2	63.100
12	323	5	4.73	7.9	307.2	60.301	11.7	299.6	88.231

**CAUDAL CON RESPECTO A LA PRESION**

presión de operación	presión en atm	M. C. A	12.2		16.2		16.4		20.2	
			Caudal del Gotero individual lt/h	Caudal del Gotero promedio en	Caudal del Gotero individual lt/h	Caudal del Gotero promedio en lateral lt/h	Caudal del Gotero individual lt/h	Caudal del Gotero promedio en lateral lt/h	Caudal del Gotero individual lt/h	Caudal del Gotero promedio en
0.5	5	5	1.3	0	1.5	0	2.5	0	1.7	0
1.0	10	10	1.9	1.8	2.35	2.05	3.06	3.4	2.5	2.3
1.5	15	15	2.3	2.2	2.9	2.6	4.5	4.2	3.1	2.85
2.0	20	20	2.7	2.5	3.3	3	5.2	4.8	3.5	3.23
2.5	25	25	3	2.8	3.7	3.3	5.8	5.4	3.95	3.63
3.0	30	30	3.3	3.1	3.95	3.65	6.44	5.9	4.3	3.95

**DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO**

<b>CONSTANTES DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN PARA TUBERÍA CON SALIDAS ABIERTAS (RAMIFICACIONES) (según Hazen-Williams)</b>						
<i>Constantes F para n salidas</i>						
n	m= 1.76 (Escobey) tubos de polietileno			m=1.852 (H - w)		
	F1(a)	F2(b)	F3(c)	F1(a)	F2(b)	F3(c)
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3			0.455	0.534		
5	0.469	0.337	0.410	0.457	0.321	0.396
10	0.415	0.350	0.384	0.402	0.336	0.371
12	0.406	0.352	0.381	0.393	0.338	0.367
15	0.398	0.355	0.377	0.385	0.341	0.364
20	0.389	0.357	0.373	0.376	0.343	0.360
25	0.384	0.356	0.371	0.371	0.345	0.358
30	0.381	0.359	0.370	0.368	0.346	0.357
40	0.376	0.360	0.368	0.363	0.347	0.355
50	0.374	0.361	0.367	0.361	0.348	0.354
100	0.369	0.362	0.366	0.356	0.349	0.352
200	0.366	0.363	0.365	0.353	0.35	0.352

(a). Valores de F1: cuando la primera salida se halla montada a distancia completa de la cabecera de la línea

(b). Valores de F2: cuando la primera salida se halla montada a la cabecera de la línea

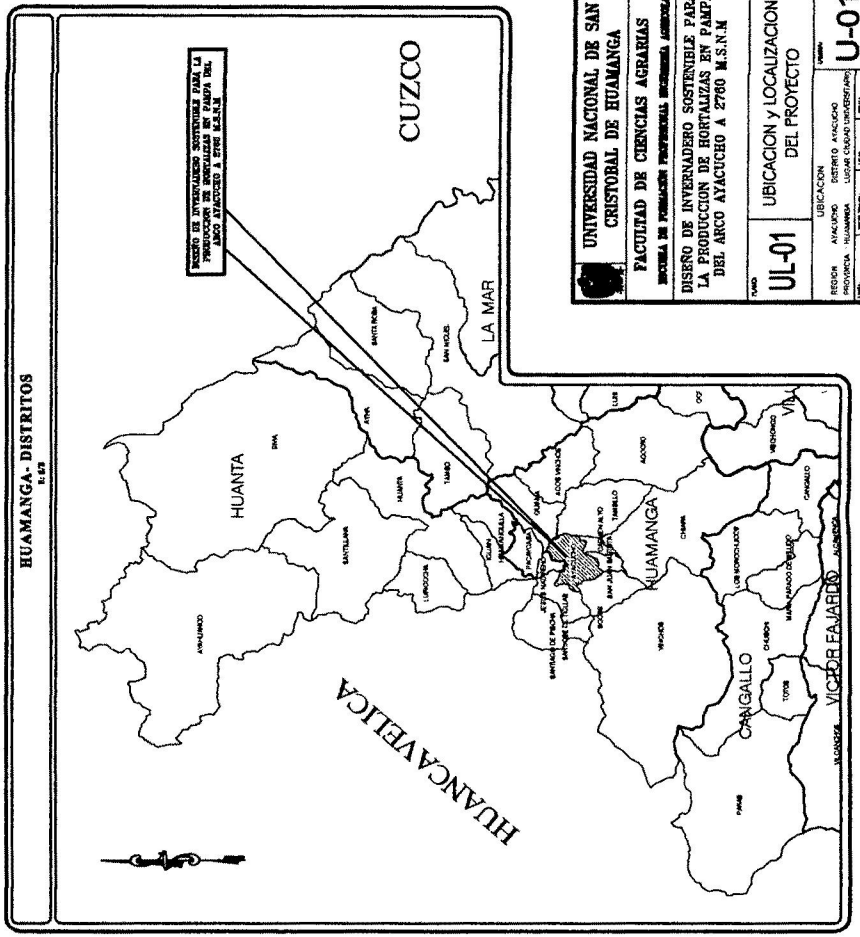
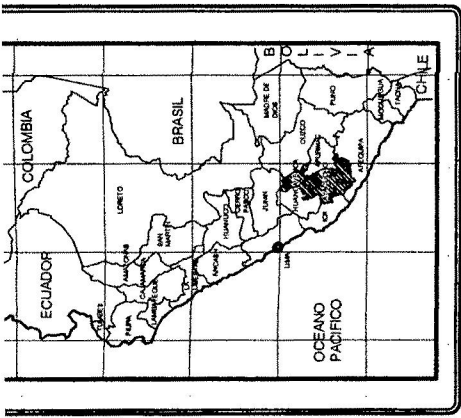
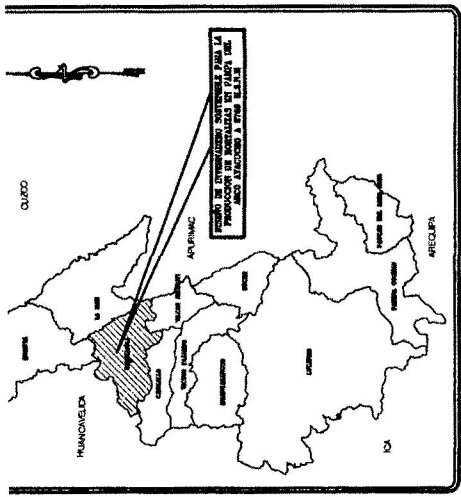
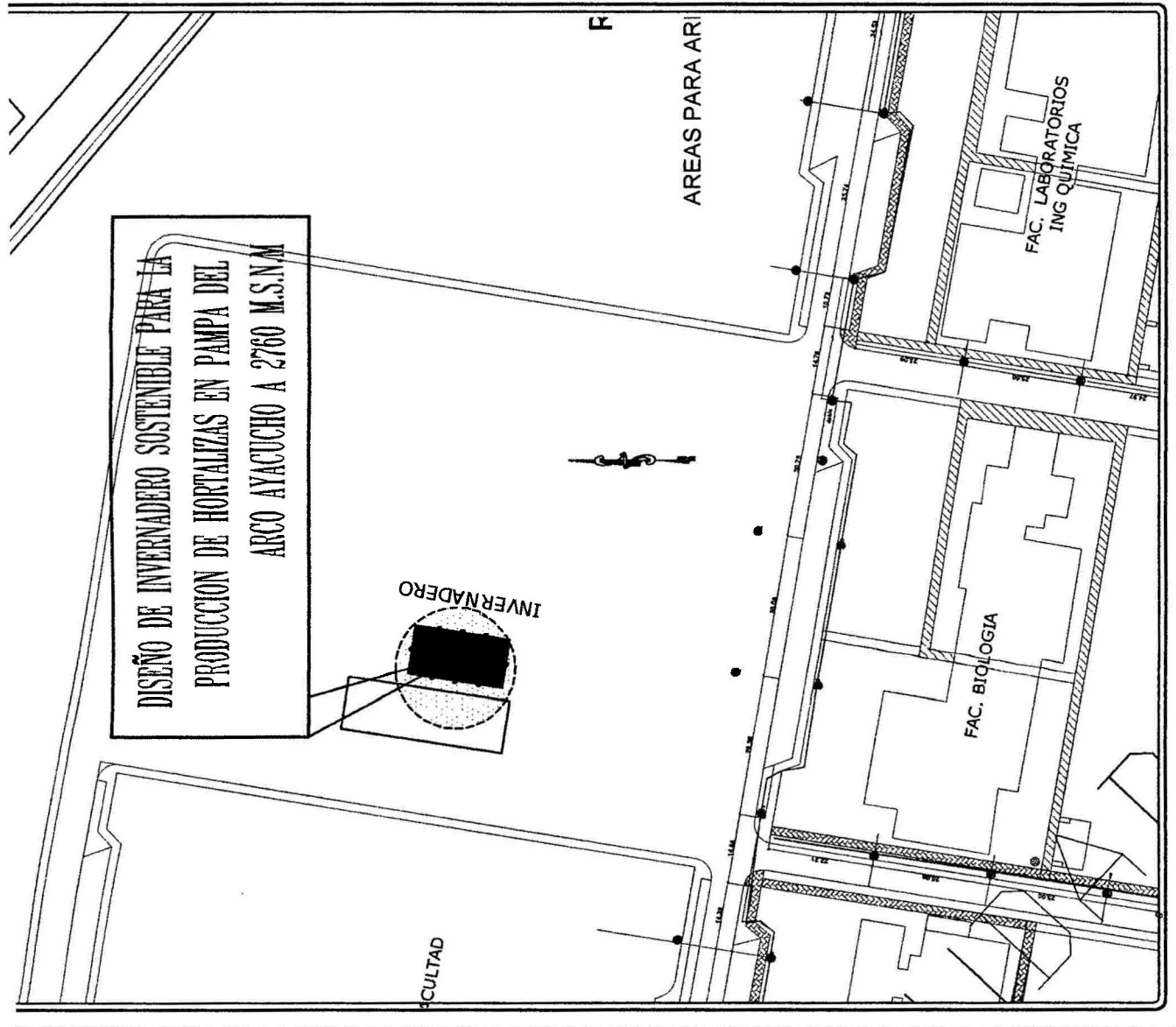
(c). Valores de F3: cuando la primera salida se halla montada a media distancia de la cabecera de la línea

•	DESCRIPCION	SIMBOLO	FORMULA	VALOR	UNIDAD	OBS.
1	<b>ECUACION DEL GOTERO: <math>q = kh^a</math></b>					
1.1		a	$(\log q1 - \log q2)/(\log h1 - \log h2)$	0.549		
1.2		k	$q/(h^a)$	0.579		
1.3	ecuacion del sistema	q	$k \cdot h^a$	0	(mm/zr)	
1.4	Coefficnte de Uniformidad	CU	$(1 - ((1.27 \cdot 0.05)^2 \cdot 0.5) \cdot (Q_{mn}/Q_a))$	0		
1.5	Caudal minimo	Q <sub>mn</sub>	$(CU \cdot Q_a) / (1 - ((1.27 \cdot 0.05)^2 \cdot 0.5))$	2.089	l/hr	
1.6	Presion minima	H <sub>mn</sub>	$(Q_{mn}/k)^{1/a}$	10.347	m	
1.7	diferencia de altura	ΔH	$2.5 \cdot (h_a - h_{mn})$	-0.868	m	
1.8	efeciencia de riego	E <sub>r</sub>	CU * Perdida por percolacion	0	%	
1.9	Espaciamiento	e	$\emptyset \cdot 0.8$			
1.10	% de area mojada	%AM	AREA MOJADA/AREA TOTAL	0.3	%	
1.11	Capacidad de retension del suelo	L <sub>n</sub>	$(CC - PMP/100) \cdot D_s \cdot Pr \cdot Pa \cdot \%AM$	1045	mm	
1.12	Frecuencia o intervalo de riego	Fr	$(L_n/ET_c)$	467	dias	
1.13	Lamina Bruta	D o L <sub>b</sub>	Etc/eficiencia	2.00	mm/dia	
1.14	Volumen a aplicar	Vol	$(L_b/1000) \cdot de \cdot dl \cdot 1000$	1.80	lt	
1.15	tiempo de riego por subunidad	Tr	Vol por aplicar/Q <sub>a</sub>	1	Hr/Subun	
1.16	Capacidad del sistema(Preliminar)	Q <sub>16</sub>	$(K \cdot A \cdot D)/(F \cdot h/\text{dia})$	0.0	lt/seg.	
1.17	Capacidad del sistema(Preliminar)	Q <sub>20</sub>	$(K \cdot A \cdot D)/(F \cdot h/\text{dia})$	0.0	lt/seg.	
1.18	Capacidad del sistema(Preliminar)	Q <sub>12</sub>	$(K \cdot A \cdot D)/(F \cdot h/\text{dia})$	0.0	lt/seg.	
1.19	Longitud de manguera por subunidad.	L <sub>man</sub>	$(lha/\text{dist. Laterales})$	6666.666667	m/ha.	

DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO						
1.20	Número de goteros por ha	N° Got	Lmang/esp. Entre goteros	11111.11		
1.21	Caudal en la subunidad	Qsub	N° got * Q nominal	23333.3	lt/hr/ha.	
1.22		Qsubun	Qsub/3600	6.4815	lt/seg/ha.	
1.23	Caudal en la subunidad	Qsub	Qsubun*area de subun	0.00	lt/seg.	
1.24	Caudal de dos subunidades			0.00	lt/seg.	
1.25	horas de riego por día		2 Hrs * posiciones	8.00	hrs/ día	
2	DISEÑO DE LATERALES					
2.1	caudal de lateral	Qlat	(Long de lateral/Se)* qa	70.00	lt/seg/Ha.	
2.2				0.019	lt/seg/Ha.	
2.3	Perdida de carga para tubería ciega	J	$1.21*(10^{12})*((q/C)^{1.852}*(D^{-4.872}))$	0.260	m/100m	
2.4		J'	$J*(Se+Fe)/Se$	0.303	m	
2.5	Perdida de Carga en hf	hf	J*F*L	0.055	m	
2.6	presión a la entrada de lateral	Hm	$ha+(0.75*Hf)+-AZ$	10.04	m	
2.7	presión disponible	$\Delta H-hf$	$\Delta H-hf$	-0.923	m	
3	DISEÑO DE MANIFOLD (Tubería terciaria - distribuidora)					
3.1	N° de laterales		(Long. De manifold /dist. Entre laterales)*N° de salidas	26.66666667		
3.2	Caudal del manifold	Qt	long. De manifold*Qlat	0.39	lt/seg.	
3.3	Perdida de carga para tubería ciega	J	$1.21*(10^{12})*((q/C)^{1.852}*(D^{-4.872}))$	0.008	m/100m	
3.4	Perdida de Carga en hf	hf	J*F*L	0.00	m	
3.5	presión disponible	$\Delta h$	$hf(lat)+hf(terciario)$	0.06	m	
3.6	$\Delta h$	$\leq \Delta H$		RECHAZADO	OK	
3.7	presión a la entrada del manifold	Hm	$hm+(0.75*hmanifold)+-AZ$	10.04	m	
4	ARCO DE 3" (83.1 mm)					
4.1	Caudal de entrada al arco	Qarco		0.39	lt/seg.	
4.2				1.40	m3/seg	
4.3	Perdida de carga para tubería ciega	J	$1.21*(10^{12})*((q/C)^{1.852}*(D^{-4.872}))$	0.017	m/100m	
4.4	Perdida de Carga en hf	hf	J*F*L	0.001	m	
4.5	presión a la entrada de lateral	Hm	$ha+(0.75*Hf)+-AZ$	2.00	m	
4.6	presión disponible	$\Delta H-hf$	$\Delta H-hf$	6.480	m	
4.7	Perdida de carga de la válvula oblicua para q=39.99 m3/hr			0.70	m	
4.8	perdida de carga total hf	hf(tot)	perdida de carga de la válvula + pérdida de carga en hf	0.70	m	
4.9	Presión requerida en la entrada del arco	h(arco)	Hm+ hf(tot)	10.74	m	
4.10			$\leq h(\text{teorico})$	14.00		
4.11	h(arco)	$\leq h(\text{teorico})$		ACEPTADO		
4.12	diferencia de presión admisible en la subunidad			-0.868		

<b>DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO</b>						
7	<b>DISEÑO: RED SECUNDARIA, PRIMARIA Y CABEZAL</b>					
	<b>PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN (Hf) SEGÚN DIAMETRO INTERIOR</b>					
	TRAMO	CAUDAL (Lt/seg)	LONG (m)	PERDIDA DE CARGA (Hf) m		
				3"	4"	6"
7.1	A-B/A-F	0.00	20	0.00	0.00	0.00
7.2	B-C/F-G	0.00	20	0.00	0.00	0.00
7.3	C-D/G-H	0.00	20	0.00	0.00	0.00
7.4	D-E/H-I	0.00	20	0.00	0.00	0.00
	$J = 1.21 \cdot (10^{-12}) \cdot ((q/C)^{1.852}) \cdot (D^{-4.872})$					
	$H_f = J \cdot \text{LONG}$					
8	<b>DISEÑO DEL CABEZAL</b>					
8.1	<b>HIDROCICLON</b>			0.00	lt/seg	
8.2	Perdida de carga según modelo			5	m	
8.2.1	diametro			16	pulg	
8.2	<b>FILTRO DE GRAVA, MODELO 4100</b>					
8.2.1	Perdida de carga según modelo			8.4	m	
8.3	<b>FILTRO DE MALLA, modelo 7300</b>					
8.3.1	Perdida de carga según modelo			1.5	m	
8.4	<b>DOSEFICADOR DE AGUA, para un caudal de 80m3/hr</b>					
8.4.1	perdida de carga			0.45	m	
8.5	<b>VALVULAS</b>					
8.5.1	2"	hf		1.4	m	
8.5.2	1.5"	hf		3.5	m	
8.5.3	<b>PERDIDA DE CARGA EN EL CABEZAL, totales</b>	hf		20.25	m	
9	<b>PERDIDA DE CARGA TOTAL (CDT)</b>					
9.1	CABEZAL	E/I		41.74	m	
9.2	CABEZAL	D/H		41.74	m	
9.3	CABEZAL	C/G		41.74	m	
9.4	CABEZAL	B/F		41.74	m	
10	<b>CALCULO DE POTENCIA DE BOMBA</b>					
10.1		P	$(Q \cdot \text{CDT}) / (F_c \cdot \text{Efic. De la bomba})$	0.00	HP	
10.2	<b>BOMBA a adquirir</b>	Q		22.22	LT/SEG	
10.3		CDT		59.43	m	
10.4		Efic		70	%	
10.5		Potencia		25.15	HP	

## **ANEXO IV: PLANOS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERIA PROFESIONAL INGENIERIA AGRONOMA**  
**DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 2760 M.S.N.M.**

**UBICACION Y LOCALIZACION DEL PROYECTO**

UBICACION: DISTRITO AYACUCHO  
 REGION: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: HUANCAYO  
 DISTRITO: HUANCAYO

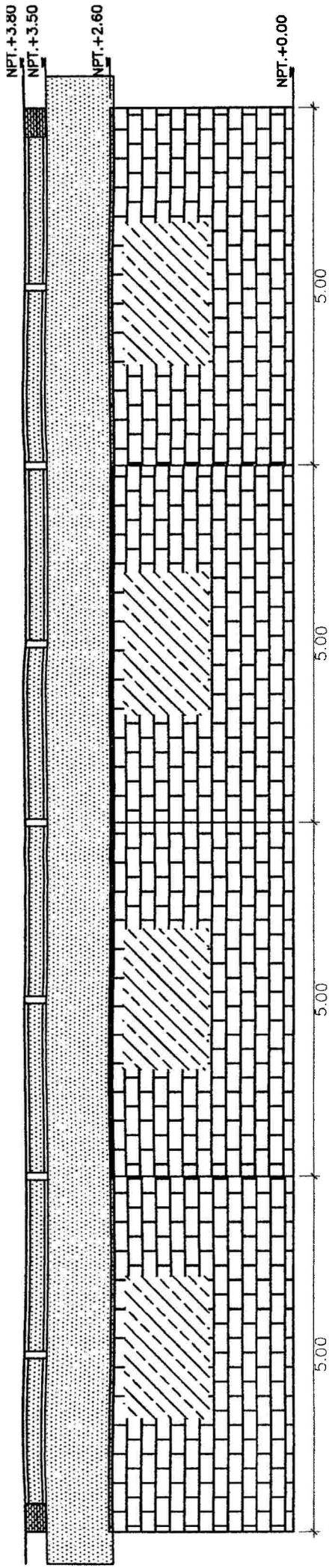
UBICACION DEL PROYECTO: PAMPA DEL ARCO AYACUCHO A 2760 M.S.N.M.

U-01

U-01

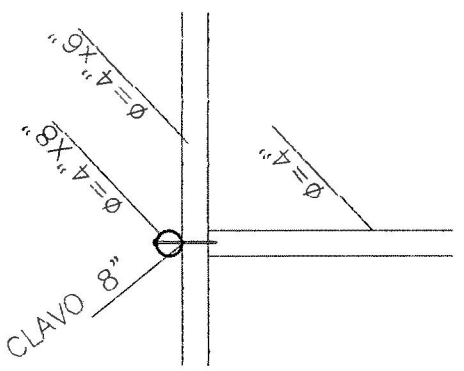




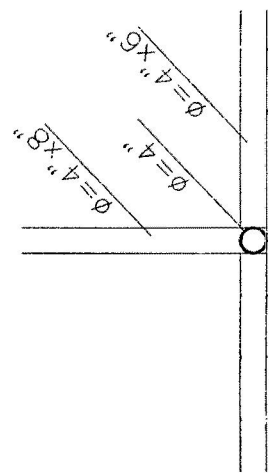


VISTA N° 01

DETALLE JUNTA — MADERA  
ESCALA 1/30 VISTA FRONTAL



DETALLE JUNTA — MADERA  
ESCALA 1/30 VISTA PLANTA



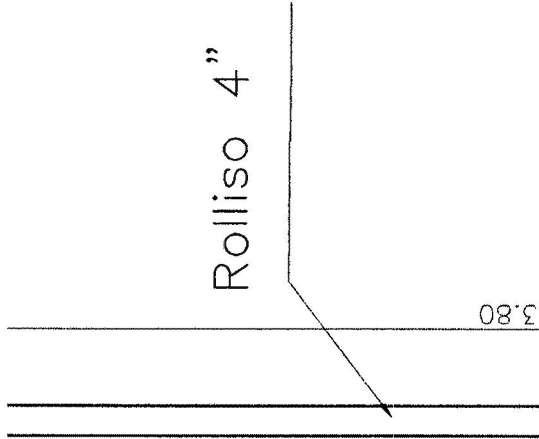
CUADO DE VANOS					
TIPOS	ANCHO(m)	TALTO(m)	ALFÉIZAR(m)	CANTIDAD	MATERIAL
P-1	1.00	2.00	-----	1.00	MARCO METAL, MALLA ANTIAFIDA
V-1	2.00	1.20	1.20	10.00	MARCO METAL, MALLA ANTIAFIDA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA AGRÍCOLA  
 Tesis: DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN DE  
 HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M

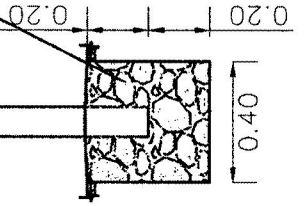
DPTO : AYACUCHO PLANO:  
 PROVINCIA : HUAMANGA  
 DISTRITO : AYACUCHO  
 LUGAR : AYACUCHO

CIMIENTO PLANTA,  
 ELEVACIONES Y DETALLES

LÁMINA:  
**C-01**



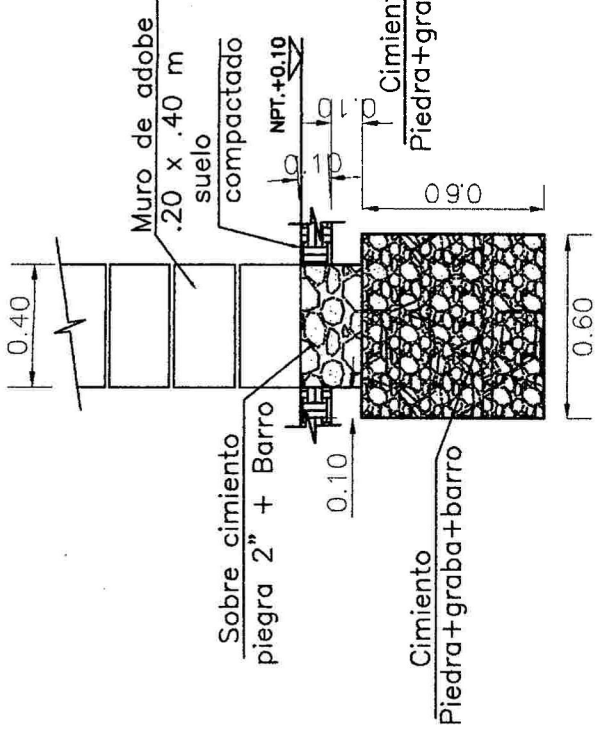
Concreto 1:10+30% PM  
para cimientos corridos



DETALLE ROLLISO

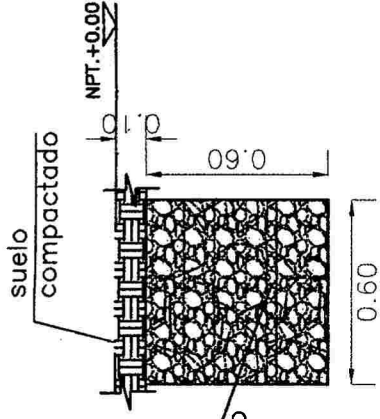
DETALLE ADOBE

FSCAI A 1/25



CORTE A-A

ESCALA 1/25



CORTE B-B

ESCALA 1/25

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL INGENIERIA AGRICOLA	
Tesis: <u>DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M</u>	
DETO : AYACUCHO	PLANO:
PROVINCIA : HUAMANGA	CIMENTO, PLANTA,
DISTRITO : AYACUCHO	ELEVACIONES Y DETALLES
LUGAR : AYACUCHO	<b>C-01</b>



Rolliso 4"

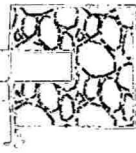
3.80

2.60

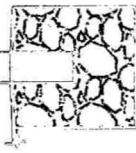
0.20

0.20

Concreto 1:10+30%  
PM para  
cimiennos corridos



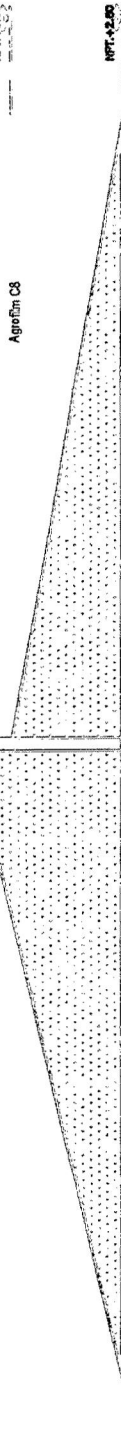
0.40



0.40

NPT-A3.00  
NPT-A3.00  
AgroEim C8

AgroEim C8



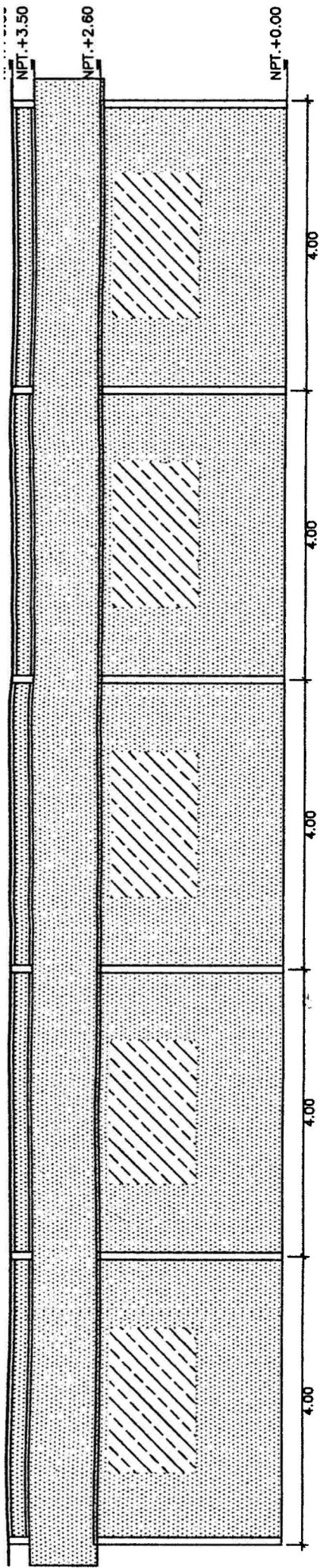
NPT-A4.00

planta N° 02  
ESCALA 1/50

10.00

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b>	
<b>ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA AGRICOLA</b>	
<b>Tesis: DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M</b>	
DPTO : AYACUCHO	PLANO:
PROVINCIA : HUAMANGA	CIMENTO, PLANTA,
DISTRITO : AYACUCHO	ELEVACIONES Y DETALLES
LUGAR : AYACUCHO	<b>C-02</b>

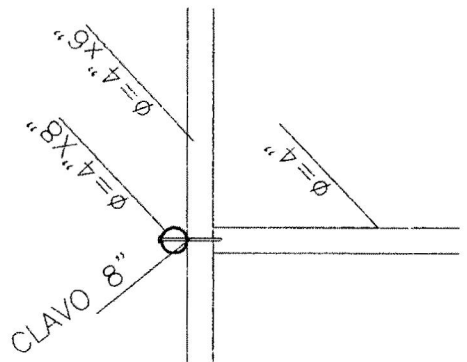
Detalle de rolliso



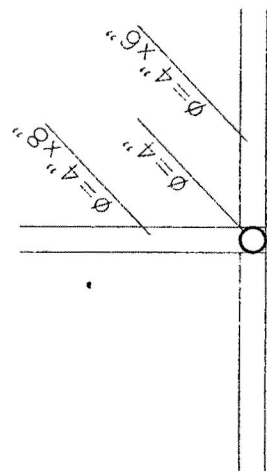
VISTA N° 01

CUADO DE VANOS					
TIPOS	ANCHO(m)	TALTO(m)	ALFÉIZAR(m)	CANTIDAD	METERIAL
P-1	1.00	2.00	----	1.00	MARCO METAL, MALLA ANTIAFIDA
V-1	2.00	1.20	1.20	10.00	MARCO METAL, MALLA ANTIAFIDA

DETALLE JUNTA — MADERA  
ESCALA 1/30 VISTA FRONTAL



DETALLE JUNTA — MADERA  
ESCALA 1/30 VISTA PLANTA



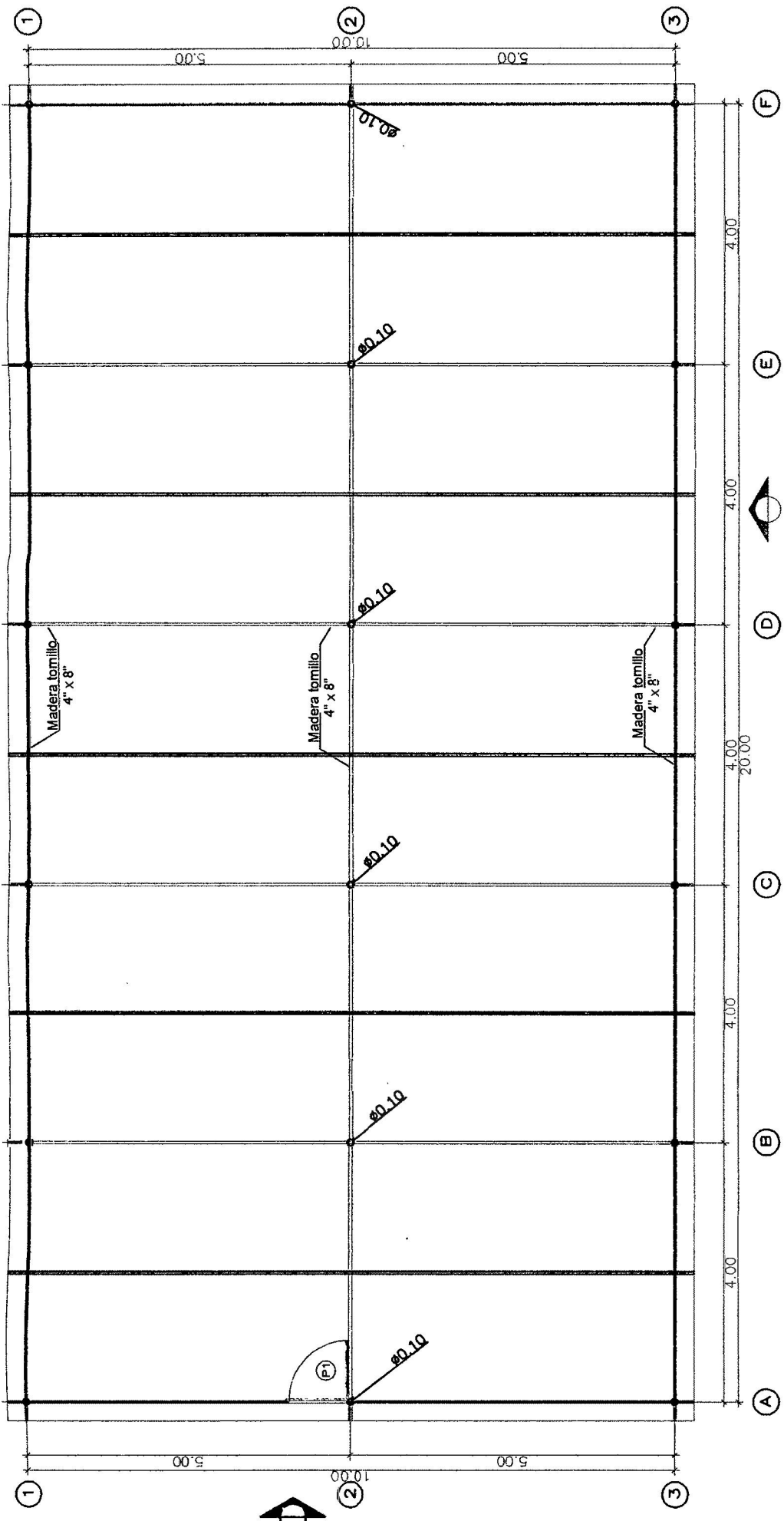
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA AGRICOLA  
 Tesis: DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE  
 HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M



DPTO : AYACUCHO  
 PROVINCIA : HUAMANGA  
 DISTRITO : AYACUCHO  
 LUGAR : AYACUCHO

PLANO:  
 CIMENTO, PLANTA,  
 ELEVACIONES Y DETALLES

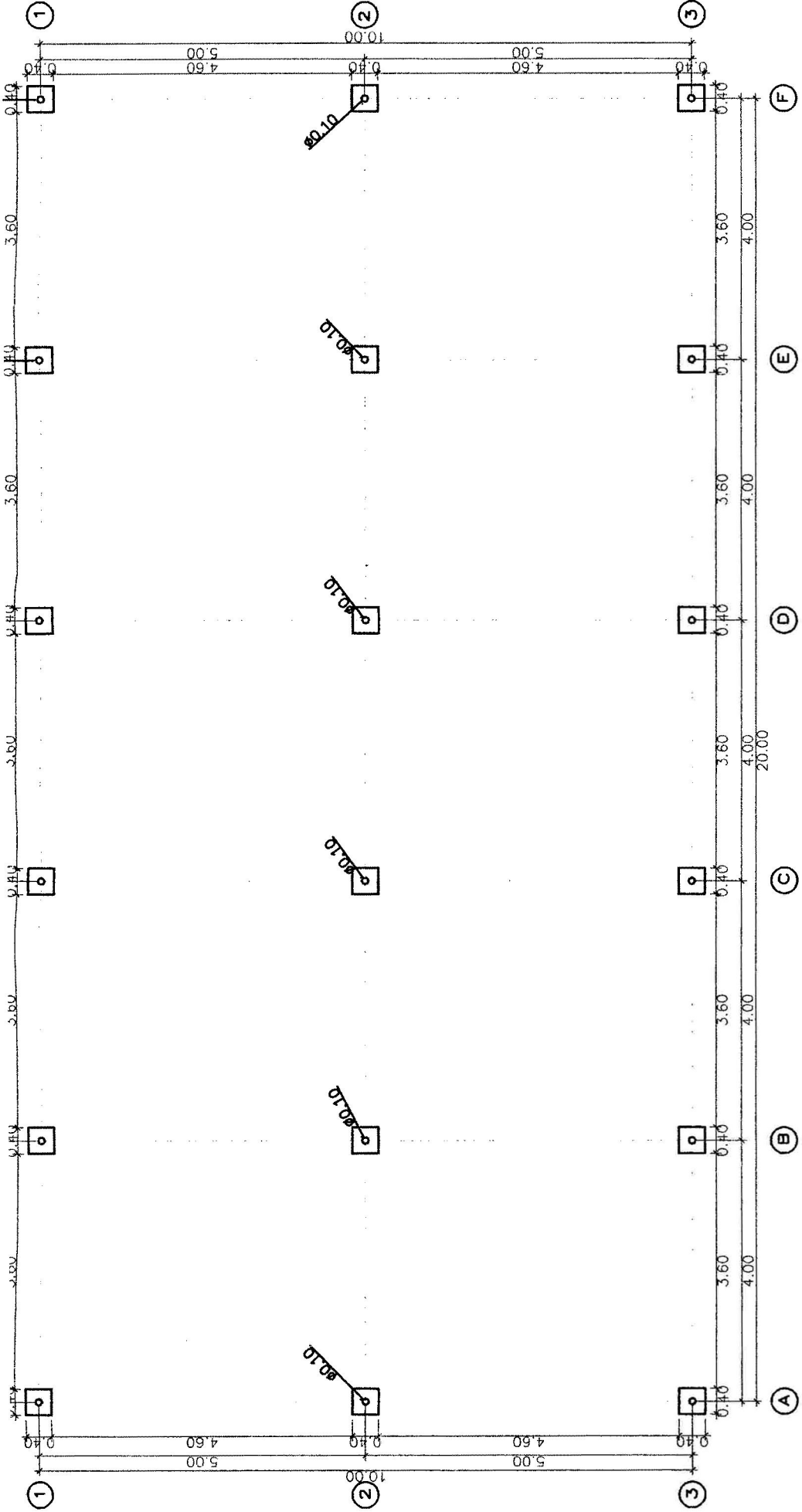
LAMINA:  
**C-02**




PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL INGENIERÍA AGRICOLA	
Tesis: DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M	
DPTO : AYACUCHO	PLANO:
PROVINCIA : HUAMANGA	CIMIENTO, PLANTA,
DISTRITO : AYACUCHO	ELEVACIONES Y DETALLES
LUGAR : AYACUCHO	LAMINA: <b>C-02</b>

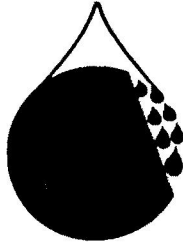




**CIMENTACION**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> <b>ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL INGENIERIA AGRICOLA</b> <b>Tesis: DISEÑO DE INVERNADERO SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN PAMPA DEL ARCO-AYACUCHO A 2760 M.S.N.M</b>		 DPTO : AYACUCHO PROVINCIA : HUAMANGA DISTRITO : AYACUCHO LUGAR : AYACUCHO	PLANO: <b>C-02</b> <b>CIMIENTO PLANTA, ELEVACIONES Y DETALLES</b>

## **ANEXO V: MATERIALES**



# ORBES AGRICOLA <sup>S</sup><sub>A</sub><sub>C</sub>

Comprometido con la prosperidad del agro peruano

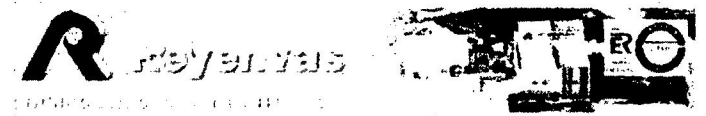
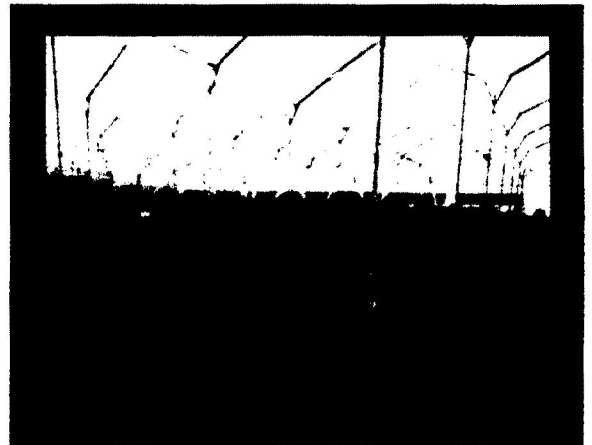
## AGROFILMC8

### Descripción y Beneficios:

Agrofilm Reyenvas está fabricado en proceso de coextrusión y tri-capa, posee una buena resistencia contra radiación UV y al uso moderado de azufre, se realiza en diversos espesores según la necesidad. Su formulación transparente y flexible, muy utilizada en cultivo de plantas que requieren mucha luz difusa.

Proporciona además protección contra factores climáticos, como viento y lluvia, entre otros.

Este film al tener altos valores de termicidad, permite conservar la temperatura al interior por mucho más tiempo y de esta manera incrementa la luz difusa favoreciendo el desarrollo y producción de cultivos.



### Aplicaciones:

- \* En invernaderos de rosas y plantas ornamentales.
- \* En fitotoldos para producción de hortalizas en zonas de climas fríos.
- \* Trabaja muy bien en condiciones de altura y baja temperatura, resistencia moderada a factores climáticos como fuertes vientos y granizada.
- \* Para zonas de temperaturas muy bajas, permite conservar el mayor tiempo posible el microclima bajo.

### Características:

ANCHO	LARGO	CALIBRE	GARANTÍA U.V	TRANSMISIÓN DE LUZ	DIFUSIÓN DE LUZ	TERMICIDAD
1.6 m - 6.6 m	50-100m	8 mils (205 micras) +- 7%	30 meses	81%	67%	85%

Resistencia moderada a factores climáticos como fuertes vientos y granizada

**PRINCIPAL:** Av. Los Cipreses N° 140 Santa Anita – Lima. **FAB. Y ALMACEN:** Call. Minería n° 333 362-2343 / 362-3392 - Nextel: 831\*3615 / 831\*7929 - Móvil: 9999-84708 - RPM: #801515 / #864287  
**AREQUIPA:** (064) 387095 / #864283 - **CHICLAYO:** (074) 206394 / #300307 - **TRUJILLO:** #300306  
**www.orbesagricolasac.com - ventas@orbesagricolasac.com**

## MALLA ANTIAFIDA

Para proteger tu cultivo de las plagas lo más recomendable es utilizar malla antiáfidos ya que esta, es diseñada para controlar la entrada de insectos al invernadero o casa sombra, lo cual permite ser un obstáculo físico para estos organismos portadores de enfermedades.

Por otro lado la malla antiáfidos permite la ventilación dentro del invernadero dejando circular el aire y permitiendo la polinización del cultivo. Conoce nuestras presentaciones de venta por rollo y metro lineal.



Casa sombra desarrollada con malla antiáfidos para protección de cultivos en la Sierra Tarahumera, Chihuahua

### Características:

	<b>Material:</b>	Tejida con monofilamento de polietileno de alta densidad (PEAD)
	<b>Tejido:</b>	40 x 26 hilos por pulgada cuadrada
	<b>% de sombra:</b>	25% sombra
	<b>Color:</b>	Cristal
	<b>Presentación:</b>	36 0m de ancho por rollo o metro lineal.
	<b>Aplicaciones:</b>	Diseñadas para controlar la incidencia de enfermedades dentro del invernadero, siendo obstáculo físico a los insectos portadores de virus. Son utilizadas principalmente en el cultivo de hortalizas como laterales de los invernaderos y casas sombra.
	<b>Confección:</b>	Contamos con el servicio de confección de acuerdo a tus necesidades de dimensión e instalación, usando cintas de refuerzo, ojillos y jaretas para lograr una máxima eficacia.
	<b>Garantía:</b>	4 años contra defectos de fabricación

## **ANEXO VI. MANUAL DE USO INVERNADERO**

# MANUAL DE USO INVERNADERO



**Taller Inti**  
  
**Yauri / Espinar**

## **1. Introducción**

Bienvenidos al mundo de la cosecha solar; con esta tecnología, que no es una novedad para muchos en el mundo, usted podrá cosechar diferentes variedades de frutas y verduras, en cualquier lugar del mundo, usando solamente el calor y la luz del sol.

Este folleto le enseñará como hacer un fitotoldo (o invernadero) adecuado para una familia, usando materiales y herramientas comunes en la zona. Con este fitotoldo, podrá cultivar y cosechar hortalizas, flores y frutas.



## 2. ¿Porqué un fitotoldo?

El chuño y la moraya siguen siendo la comida mas común en el sur de los Andes peruanos. En realidad son tubérculos muy nutrientes, se pueden almacenar por un largo tiempo y evitar temporadas sin comida. Ahora el problema es que comiendo únicamente chuño, moraya y carne no es todo lo que necesita nuestro organismo, el necesita una comida variada para desarrollarse mejor. La mayoría de las enfermedades que se encuentran en la zona (tuberculosis, diarrea, resfrios, desnutrición...) se pueden combatir con una buena alimentación balanceada.

El fitotoldo, nos permite cultivar cualquier tipo de fruta y verdura dándole así a nuestro cuerpo vitaminas, proteínas y minerales en cantidad para fortalecerlo. Actualmente las familias se ven obligadas a ocupar muchas horas y gastar mucho dinero en el pasaje para ir a las ciudades y comprar allí frutas y verduras que vienen de lejos y muchas veces ya han perdido mucho de sus valores nutritivos. ¿Porque no ahorrar tiempo y dinero, cultivando sus propias verduras y frutas en su propio patio? La energía solar es gratuita, abundante y eficaz. Tu pueblo, tiene días soleados en gran parte del año, aprovecha!

¿Que desventajas tiene el fitotoldo?

- No funciona sin trabajo y sin agua.
- En el fitotoldo hay que sembrar, regar, y cosechar.
- Normalmente hay que echar agua cada dos o tres días.
- Se tiene que acostumbrar a controlar diariamente la temperatura abriendo o cerrando las ventanas (plástico corriente)

El fitotoldo funciona por medio del fenómeno que se llama el "efecto fitotoldo". El calor, los rayos del sol entran por el plástico (Agrofilm) y se impregna al adobe. La tierra, las verduras y las frutas también absorben el calor. Luego no escapa el calor del fitotoldo porque no tienen suficiente energía para pasar una segunda vez el plástico (agrofilm).

Tablas de temperaturas	
Cultivo	Temperaturas
Tomate	20-24°C
Papa	10-17°C
Lechuga	14-18°C
Acelga	18-22°C
Espinaca	15-18°C
Apio	18-25°C

### 3. Sugerencias para el uso

La temperatura en el fitotoldo puede llegar a 50°C. La idea del fitotoldo no es de cocinar frutas y verduras, por eso hay cocinas solares. La tarea del fitotoldo es de proteger la producción de la helada, granizada y de las fuertes lluvias. El fitotoldo debe calentar durante el día pero no demasiado (35°C son suficientes) y no debe enfriarse mucho durante la noche. En el fitotoldo no debe haber helada si no se pierde la producción. Para regular la temperatura del fitotoldo, tenemos a disposición cinco ventanas y una puerta que se pueden abrir y cerrar fácilmente, en razón de un día con o sin sol.

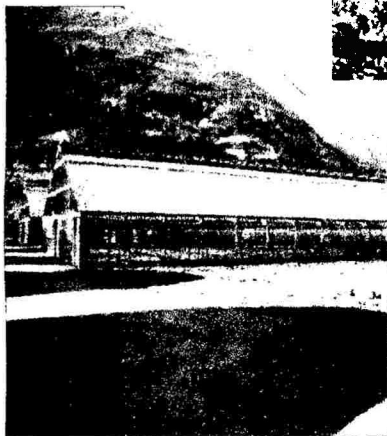
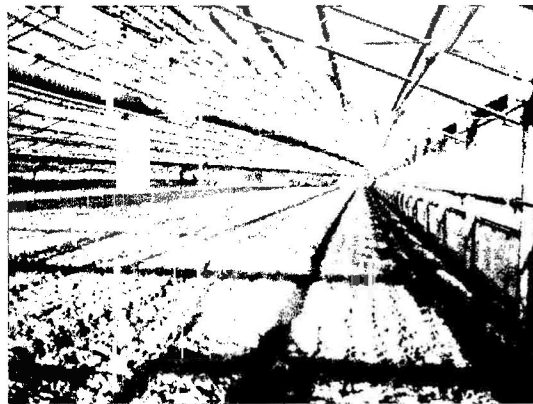
El dibujo del fitotoldo que presentamos tiene una cantidad de adobe bastante importante. El adobe es un material muy sencillo (se puede elaborar en cualquier patio) y es un buen "almacenador" de calor. La idea del fitotoldo es de calentar el adobe durante el día y hacer que durante la noche este adobe nos restituya el calor (actuando como termo regulador) permitiendo así el calentamiento del fitotoldo durante la noche. El fitotoldo de este folleto necesita unos 80 litros de agua cada dos o tres días, todo depende del calor y del tipo de sustrato o tierra que se utilice.



Fitotoldo en Yauri

#### 4. ¿Porque construir nuestro fitotoldo?

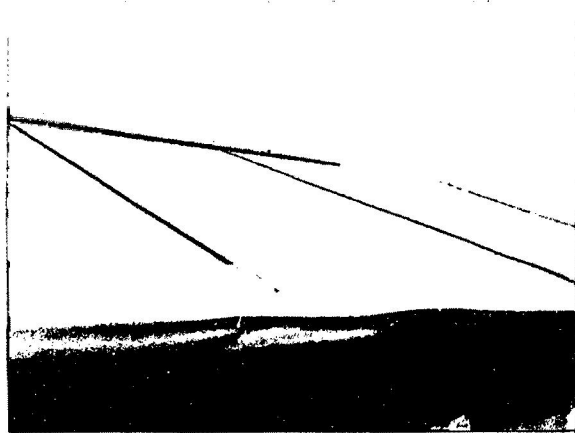
En el fitotoldo no se corre ningún peligro. Las verduras y las frutas que se producen en el fitotoldo no son dañinos para los hombres, al contrario son muy ricos y saludables. En el fitotoldo normalmente se trabaja unas horas durante la semana, lo mejor es en la mañana temprano o en la tarde cuando no hace demasiado calor. Las verduras y las frutas que se cosechan en el fitotoldo son perfectamente sanas y no producen ningún tipo de enfermedad a las personas que la consumen. ¿Como estar seguro de esto? En la mayoría de los países de Europa las temperaturas en invierno son muy frías (hablamos de 20, 30, hasta 40°C bajo cero). Durante cinco meses del año no se puede sembrar ni cosechar frutas y verduras al aire libre. Para poder producir frutas y verduras en Europa deben tener fitotoldos. Sin los fitotoldos en Europa habría un gran problema de hambre. Por ejemplo en Almería, en el sur de España se encuentran fitotoldos de una superficie total de 35'000 hectáreas (una superficie mas grande de 60'000 canchas de fútbol), ahí se produce tomate todo el año para toda la población de Europa.



Fitotoldo en Suiza

## 5. Mantenimiento

El fitotoldo necesita muy poco mantenimiento. Es importante que el plástico (Agrofilm) sea muy bien amarrado y que no haya filtraciones de agua que puedan malograr el adobe o la madera. El tiempo de vida del plástico depende principalmente de cómo está amarrado. Un plástico bien amarrado puede alcanzar hasta ocho años de vida. Con las ventanas se puede y se debe regular la temperatura y la humedad al interior del fitotoldo. La gotera construida también con el mismo Agrofilm debe ser bien amarrada y a veces se debe limpiar echando agua durante la temporada de sequía, si se ha acumulado mucha tierra al interior de la gotera.



Agrofilm bien amarrado con jebes

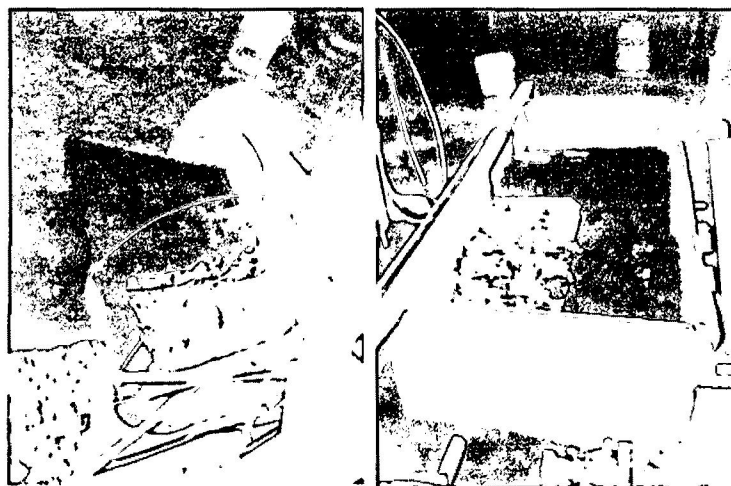
## 6. Ubicación

### del fitotoldo

- La construcción debe realizarse en un terreno nivelado, rico en materia orgánica y con buen drenaje.
- Agua disponible para un riego permanente.
- Terreno protegido para evitar la invasión de animales domésticos (vacunos, ovinos, equinos, etc.)
- Ubicar próximo a una vivienda, para evitar el robo del material de construcción y productos de cosecha.
- Terrenos con buena iluminación solar, lejos de sombras producidas por muros, cerros, viviendas, árboles, etc.
-

## 7. Fitotoldito

A veces no tenemos espacio en nuestros patios. Pero igual queremos aprovechar de las bondades de un fitotoldo. Por eso hemos construido fitotoldos móviles que podemos poner en cualquier lugar donde llega el sol.



## 8. ¿Cómo se construye un fitotoldo?

Las herramientas que se van a usar son: pala, pico, martillo, alicate, cinta métrica, sierra para cortar madera, plumón, cuchillo, nivel. El trabajo mas pesado es la construcción de las paredes del fitotoldo que están echas en base a adobe. Una vez que las paredes están bien secas se puede poner los listones del techo y techar con el plástico. El plástico debe ser muy bien amarrado con el jebe o tensor para que el viento no lo pueda destechar o derivar.

Construcción de un  
fitotoldo en Yauni



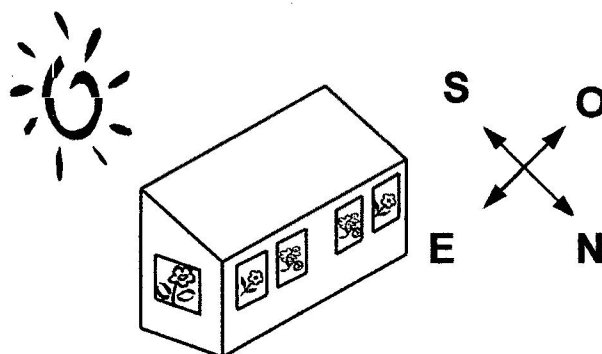
Relación de materiales				
Numero	Nombre	Cantidad	Costo en Soles	Dimensiones
<b>A</b>	<b>Paredes</b>			
A1	Pared atrás	300 adobes	95.-	8.6mx2.8m
A2	Pared frente	150 adobes	50.-	6.75mx1.8m
A3	Pared puerta	65 adobes	20.-	3.3mx2.8mx1.8m
A4	Pared ventana	70 adobes	22.-	3.3mx2.8mx1.8m
<b>B</b>	<b>Ventanas</b>			
B1	Listones	10	7.-	1"x2"x1m
B2	Plastico	5	6.-	0.8mx1.1m
B3	Agrofilm	5	18.-	0.8mx1m
	Jebe	10	5.-	1mx1/2"
	Madera	5	2.-	1/2"x1/2"x1m
	Jebe	5	2.50	1mx1/2"
	Jebe	15	3.-	1/4"x1/4"x0.2m
	Alambre	10	2.-	1mmx0.2m
	Clavos	10	1.-	3"
	Clavos	100	1.-	1/4"
<b>C</b>	<b>Techo</b>			
C1	Listones	10	50.-	3"x2"x4m
	Alambre	40	10.-	2mmx1m
	Clavos	40	4.-	3"
C2	Listones	4	15.-	1/2"x2"x3m
	Clavos	40	1.50	2"
	Agrofilm	1	162.-	9mx4m
	Jebe	10	16.-	3.2mx1/2"
	Jebe	2	7.-	7mx1/2"
	Clavos	100	2.50	1 1/2"

Relación de materiales				
Numero	Nombre	Cantidad	Costo en Soles	Dimensiones
<b>D</b>	<b>Puerta</b>			
D1	Listones	2	2.-	1"x2"x1.4m
D2	Agrofilm	1	13.50	1.4mx2m
	Jebe	1	0.80	1.4mx1/2"
	Listones	2	1.50	1"x1/2"x1m
	Jebe	1	0.50	1.4mx1/2"
	Clavos	20	1.50	1/2"
	Clavos	2	0.20	3"
	<b>Costo total invernadero</b>		<b>Entre 335.- y 522.-*</b>	

\*El precio del invernadero depende del adobe. Si el adobe lo haces tu mismo en tu patio, puedes ahorrar 187.- Soles.

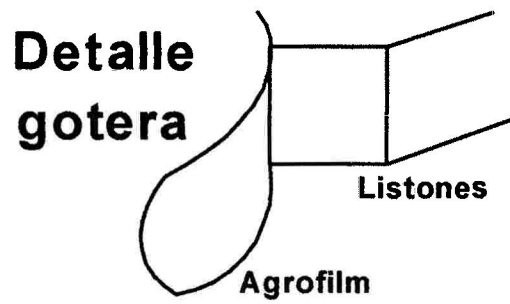
## 9. Orientación

La orientación es importante para que tenga buena iluminación deberá estar orientado de Este a Oeste, con la frontal anterior hacia el Norte y la frontal posterior hacia el Sur.

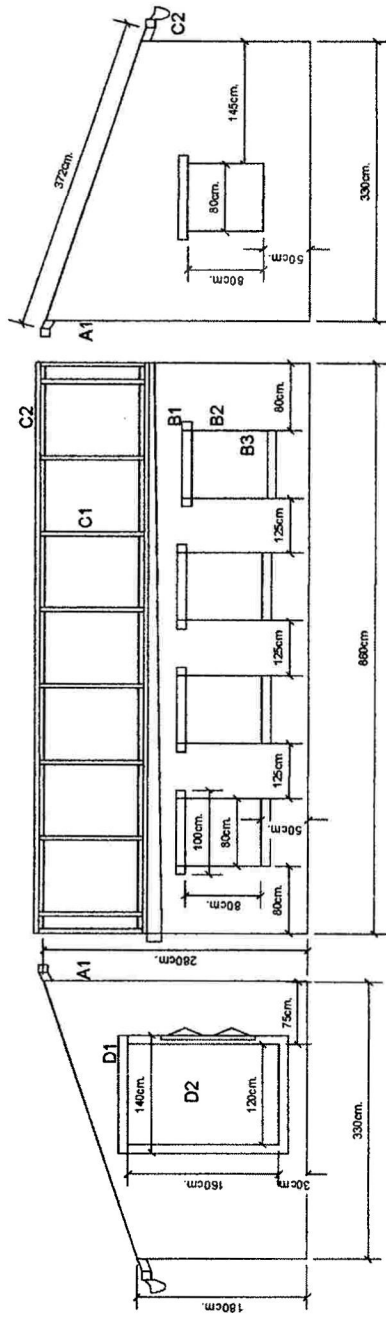


## 10. Recuperación de la lluvia

El invernadero de este folleto puede ser construido en cualquier lugar, si no tienes disponible agua puedes aprovechar la época de lluvia y almacenar agua para la época de sequía en un reservorio rustico. Un reservorio de 15 metros cúbicos es suficiente para tener agua durante todo el año.



Reservorio rustico



## **11. Preparación del sustrato o tierra**

Para tener una buena producción y un buen desarrollo vegetativo de los cultivos, necesitamos encontrar en el suelo los nutrientes suficientes (macro y micro elementos); los que se lograra con un adecuado preparado del terreno de cultivo (sustrato). Para esto es necesario conocer las texturas del suelo más comunes en nuestro medio para poder mejorarlas.



### **Manera de reconocer la textura de los suelos**

Coger una porción de tierra del interior del fitotoldo, humedecerla, tomar entre ambas manos y formar una bola, luego una especie de cigarro, arquear la tira de barro hasta darle la forma de herradura; al hacer esta operación puede suceder lo siguiente, que la tira de barro forma la herradura sin romperse, y si es así el terreno es arcilloso. Si no puede formar la bola ni la tira de barro, menos la forma de herradura, el terreno en este caso es arenoso. Si una vez formada la tira de barro al formar la herradura se parte por la mitad, el terreno es de textura franca.

#### **A. Suelos arcillosos**

Es la textura mas común en nuestro medio, son difíciles de manejar (suelos pesados), cuando están húmedos se adhieren a las herramientas de labranza en el momento de riego, son suelos impemeables y no filtra rápido el agua, mucha agua daña la humedad de la raíz del cultivo. Cuando secan se endurecen como piedra. Tenerlos aptos para el cultivo, se mejora con la incorporación de materia orgánica (estiércol ó compost y humus) + arena fina de río + tierra negra y/o tierra agrícola. Agregar hasta ver si la tierra se suelta.

#### **B. Suelos arenosos**

Suelos generalmente pobres en nutrientes, necesitan bastante riego por cuanto se filtra y se escurre rápidamente el agua, absorben el calor pudiendo llegar a quemar las plántulas tiernas, este se mejora incorporando: tierra agrícola+ tierra negra, humus o compost (materia orgánica).

#### **C. Suelos francos**

Son los suelos equilibrados, con buen contenido de materia orgánica, suelos aptos para el cultivo de hortalizas, después de cada campaña productiva es necesario agregar materia orgánica para seguir conservando la fertilidad necesaria del terreno de cultivo, incorporar humus y compost.

#### ***Proporción de la preparación del sustrato***

3 carretillas de tierra agrícola  
3 carretillas de tierra negra  
1 carretilla de arena  
1 carretilla de ceniza  
1 carretilla de guano de corral  
1 carretilla de humus

## **12. La siembra y preparación del suelo**

Remover la tierra y mezclar uniformemente, luego nivelar y separar por cada cultivo en pequeñas melgas y luego rociar la semilla sobre el terreno preparado (siembra directa) con una profundidad adecuada de acuerdo al cultivo.

### **Tipos de siembra**

#### **A) Directa**

Es la siembra que se realiza directamente en el terreno definitivo donde se desarrollan las plantas hasta llegar el momento de la cosecha.

#### *Recomendaciones para la preparación de terreno*

- El terreno debe encontrarse perfectamente labrado de 25 a 30 cm de profundidad como mínimo, bien nivelado y limpio de terrones, impurezas.
- El suelo debe hallarse ligeramente húmedo; después de la siembra se presiona ligeramente el suelo.

#### **B) En almácigos**

Son los lugares donde se practica la siembra y se cultivan plantas delicadas durante sus primeros periodos vegetativos, cuando hayan adquirido suficiente fortaleza como para resistir, se sacaran de los almácigos para transplantarlas al terreno definitivo.

Los almácigos o semilleros pueden prepararse con pequeños tabloncitos, áreas a fuera o dentro del fitotoldo o en cajones con o sin protección, cajas de madera con agujeros en el fondo.

### **Formas de Siembra**

Si se realiza a mano, se reconocen siempre dos sistemas de siembra:

#### **1) Al voleo**

La siembra al voleo se efectúa rociando las semillas al espacio, de manera que caigan uniformemente sobre la superficie de tierra preparada. Este sistema es recomendable en almácigos.

2) Filas o hileras

Existen 3 formas

I) *Siembra a Chorro continuo*: Consiste en sembrar en el fondo de los surcos de una manera continua y uniforme. Esta operación puede realizarse fácilmente, colocando las semillas en una bolsa con un agujero o pequeño orificio.

II) *Siembra a Golpe*: Se depositan 3 semillas, en hoyos abiertos previamente de trecho en trecho, este espacio es de acuerdo al tamaño de la semilla.

III) *Siembra a Mata Larga*: Se abren surcos o franjas con la ayuda de un pico y en el fondo de ellas se distribuyen uniformemente las semillas a una distancia ideal.



**El raleo**

Consiste en eliminar de los almácigos o del terreno, todas aquellas plantas que han brotado encimadas a otras, o que presentasen un desarrollo defectuoso. El momento oportuno es cuando hayan desarrollado su tercera o cuarta hoja. Se recomienda que haya de 200 a 350 plántulas por m<sup>2</sup> (dependiendo del cultivo).

**El transplante**

Realizar el transplante luego de haber labrado el terreno, se abren los surcos con pico. Luego se sacaran las plantas de los almácigos previamente humedecidas. Este trabajo se realiza sin exponer las raíces de las plántulas a los rayos del sol.

Las labores son:

- El momento apropiado es por la tarde.
- El suelo debe estar preparado, bien mullido y nivelado.
- Que las plantas se saquen de los almácigos con herramientas apropiados, para así no lastimar sus raíces.
- Contar con agua para regar después del transplante.
- Presionar el hoyo donde se ha plantado para que no quede oxígeno.

**Como realizar el almacigo**

- 1) Escoger un terreno apropiado para instalar el almacigo (1m<sup>2</sup>).
- 2) Preparar bien el terreno (limpio, nivelado y mullido).
- 3) Hacer los respectivos surcos en hileras, distanciamiento entre hileras de 10 cm.
- 4) Depositar y tapar las semillas.
- 5) Regar constantemente, en especial con regaderas manuales (tipo lluvia).
- 6) Realizar el transplante a los 2 meses (el transplante se realiza de acuerdo al periodo vegetativo "fenología" del cultivo).

### **13. Labores Culturales**

#### **El riego**

El riego es la labor de proporcionar agua a las plantas y puede realizarse en dos formas:

##### **A) Por Aspersión**

El agua cae sobre los vegetales en forma de lluvia, haciendo uso para ello de regaderas, mangueras apropiadas o aspersores.

Este sistema es muy conveniente en razón de la rápida absorción del agua y la buena impregnación al suelo.

##### **B) Por Gravedad**

Se denominara así al sistema de riego, mediante el cual el agua corre por la superficie del suelo y llega a las raíces de los vegetales, sin necesidad de empapar la tierra. Este sistema requiere que el líquido corra por los canales. El terreno no debe tener un declive excesivo.

Algunos requisitos a tomar en cuenta para practicar exitosamente el riego:

- La cantidad de agua que se necesita varía notablemente con la estructura del suelo, tipo de cultivo, periodo vegetativo de las plantas, etc.
- Realizar los riegos de 10 de la mañana a 3 de la tarde en época de helada.
- En época de lluvia se realiza en cualquier momento.

#### **Deshiervo**

Es importante para el buen desarrollo de los cultivos, ya que con ella se consigue simultáneamente. Destruir las malezas que impiden el buen desarrollo de las plantas cultivadas, por que les quitan los nutrientes del suelo, humedad, la luz solar y el espacio que necesitan sus raíces para desarrollarse libremente.

#### **Abonamiento con humus**

El humus se utiliza en el cultivo de hortalizas, alfalfa y para otros cultivos en pequeña escala. Tiene las siguientes ventajas.

- Restituye la fertilidad natural de los suelos.
- Mejora el desarrollo radicular de las plantas.
- Mejora la aireación del suelo.
- Activa la vida microbiana del suelo.

Se recomienda la incorporación de 2 a 5 kilos por m<sup>2</sup> de terreno.

## 14. Calendario hortícola

ESPECIE	ESR	DES	DEP	Semilla		PS	DG	PVM
				KG/HAS				
				SD	T			
Acelga (o)	Todo el año	40	20	5	3	1	8	2 a 3
Ají "escabeche"	Invierno - Primavera	100	50	1	0.25	1/2	10	4 a 5
Albaca	Todo el año	50	20	5		1/2	8	3 a 4
Alcachofa	Otoño - Invierno	150	120	2		1	10	5 a 6
Arveja	Otoño - Invierno	50	20	100		3	8	2 a 3
Apio (o)	Otoño - Invierno	70	20	1	0.5	1/3	21	5 a 6
Berengena	Otoño - Invierno	90	50	3	0.25	1/2	10	3 a 4
Beterraga (o)	Todo el año	50	10	12	7	1	10	2 a 3
Brocoli	Otoño - Invierno	60	40	1	0.25	1/2	10	2 a 3
Caihua	Otoño - Invierno	200	150	2		1	10	2 a 3
Cebolla rojo (o)	Otoño - Invierno	50	10	6	2	1/2	10	5 a 6
Col Corazón de Buey	Otoño - Invierno	70	50	1	0.5	1/2	8	4 a 5
Col Saboy	Otoño - Invierno	70	50	1	0.5	1/2	8	4 a 5
Coliflor	Otoño - Invierno	70	50	1	0.5	1/2	8	4 a 5
Culantro	Otoño - Invierno	40	20	15		1/2	10	4 a 5
Espinaca (o)	Otoño - Invierno	60	5	30		1/2	8	2
Habas	Otoño - Invierno	80	50	120		3	8	4 a 5
Lechuga Creas James	Todo el año	70	30	1	0.5	1/3	8	3 a 4
Lechuga White Boston	Otoño - Invierno	70	30	1	0.5	1/3	8	3 a 4
Maíz Chancayano	Primavera - Verano	80	50	40		3	8	4 a 5
Maíz Pardo choclo	Otoño - Invierno	80	50	40		3	8	4 a 5
Melón	Primavera - Verano	200	100	2		2	8	3 a 4
Nabo Chino (o)	Otoño - Invierno	60	10	8		1/2	8	2
Nabo Martillo (o)	Todo el año	50	5	3		1/2	8	2
Pepinillo	Primavera - Verano	140	10	3		1	8	2 a 3
Perejil (o)	Otoño - Invierno	50	15	4		1/2	25	2 a 3
Pimiento	Otoño - Invierno	80	30	2	0.5	1/2	10	4 a 5
Porro (o)	Todo el año	60	20	2	0.5	1/2	8	3 a 4
Rabanito (o)	Otoño - Invierno	30	5	15		1/2	8	1
Sandia	Primavera - Verano	250	200	2		2	8	3 a 4
Tomate	Todo el año	120	50	2	0.25	1/2	10	3 a 4
Vainita	Todo el año	60	30	80		3	8	2 a 3
Zanahoria (o)	Otoño - Invierno	60	8	4		1/2	15	3 a 4
Zapallito	Primavera - Verano	150	120	4		2	8	3 a 4
Zapallo	Otoño - Invierno	400	300	2		3	10	4 a 5

(o)= Siembra en ambas costillas del surco  
01 hectaria = 10.000 M2

**Leyenda**

ESR = Epoca de siembra recomendable

DES = Distancia entre Surcos cm

DEP = Distancia entre Plantas cm

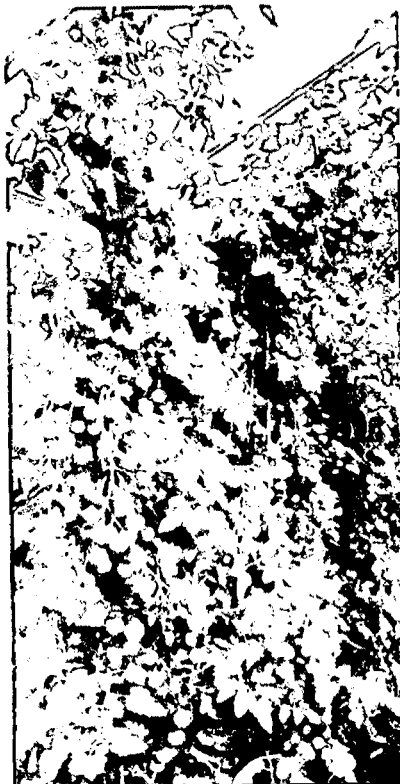
SD = Siembra directa

T = Transplante

PS = Profundidad de siembra cm

DG = Dias para germinar

PVM = Periodo vegetativo meses





La tecnología genera una fuente de trabajo  
La construcción del invernadero por medio de trabajadores de la localidad es la mejor garantía de que la "tecnología genera trabajo" ya que ellos serán los que brinden el apoyo, mantenimiento y asesoramiento a las personas que cultivan plantas y hortalizas con energía solar en la comunidad.

Este Folleto fue elaborado por  
Andrea y Luciano Ré (Taller Inti)  
eMail: [intisolar@bluemail.ch](mailto:intisolar@bluemail.ch)

En colaboración con:  
Edilberto Tunquipa

10 de diciembre de 2003