

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

" Diseño de cámara de luz UV-C prototipo para el manejo de pudrición de corona en frutos de exportación de banano"

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA AGRÍCOLA Y BIOLÓGICA

Presentado por:

Michelle Pacheco Vacacela

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por darme vida, salud y permitirme llegar a ser una profesional. A mis padres por ser un gran ejemplo que seguir, por amarme, darme un hogar y apoyarme en cada decisión importante en mi vida. A mis hermanos y mejores amigos por preocuparse y siempre estar al pendiente de mí. A mi querida tutora la Dra. María Isabel Jiménez por su ayuda incondicional durante toda la carrera. Y a todas las personas que colaboraron de alguna manera a mi formación académica y personal.

Michelle Elizabeth Pacheco Vacacela

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, a mis mejores amigos
y en especial a la memoria de mi querida
abuelita Mariana.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

MICHELLE ELIZABETH PACHECO VACACELA

PHD. MARÍA ISABEL JIMÉNEZ FEIJOO

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".



Michelle Elizabeth Pacheco Vacacela



María Isabel Jiménez Feijoo, PhD

RESUMEN

El control de pudrición de corona llevado a cabo en las empacadoras depende directamente de productos fungicidas de acción sistémica; dado a que existen organismos regulatorios para estas aplicaciones el uso de productos químicos para el control de enfermedades post- cosecha se ha ido disminuyendo periódicamente y se han ido desarrollado nuevas opciones de control. Para este proyecto se propuso crear un prototipo de cámara de luz UV-C como una alternativa para el manejo de esta enfermedad, debido a que esta tecnología posee propiedades germicidas.

El diseño de la cámara fue escogido con la finalidad de experimentar los efectos de las luces UV-C cuando las manos de banano se ubicarán a diferentes distancias de la luz, además se consideró criterios para la construcción como: la facilidad de manejo, la unidad de muestra y la homogenización de la luz. Las pruebas de irradiación de las manos de banano se realizaron con cobertura de papel y sin papel, a tres distancias durante 50 minutos; Los resultados de estas pruebas mostraron bajos índices de severidad de pudrición de corona y diferentes grados de quemaduras en la piel del fruto. La validación del diseño cumplió los objetivos planteados; adicionalmente, el uso de las lámparas requiere de precauciones específicas.

Palabras Clave:

Banano, irradiación, UV-C, pudrición de corona, cámara de luz UV-C.

SUMMARY

The control of the crown rot carried out in the packers depends directly on the fungicides of systemic action; Since there are international organizations that regulate these applications, the use of chemicals for the control of post-harvest diseases have been periodically reduced and new control options developed. For this project, it was proposed to create a prototype UV-C light chamber as an alternative for the management of this disease, because this technology possesses germicidal properties.

The design of the camera was chosen in order to experience the effects of UV-C lights when the banana hands were located at different distances from the light, also considered criteria for construction such as: ease of handling, sample and homogenization of light. Tests of irradiation of banana hands were performed with a paper cover and paper without, at three distances for 50 minutes; The results of these tests show in low rates of severity of crown rot and different degrees of burns on the skin of the fruit.

The validation of the design met the stated objectives; In addition, the use of lamps requires specific precautions.

Keywords:

Banana, irradiation, UV-C, crown rot, UV-C light chamber.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Marco teórico.....	3
CAPÍTULO 2.....	7
2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO.....	7
2.1 Esquema de trabajo.....	7
2.2 Fase de diseño del prototipo.....	7
2.2.2 Planteamiento de las especificaciones bases para diseñar la cámara prototipo seleccionada.....	10
2.3 Fase de validación del prototipo.....	11
CAPÍTULO 3.....	15
3. RESULTADOS.....	15
3.1 Establecimiento y selección de las alternativas de diseño.....	15
3.2 Elaboración del diseño mecánico del prototipo de cámara UV-C.....	16
3.3 Construcción de la cámara UV-C.....	18

3.4	Caracterización del prototipo con pruebas de irradiación, calor y cobertura.	19
3.5	Irradiación y evaluación del efecto sobre el banano de exportación	22
3.6	Estudio de costos	26
CAPÍTULO 4.....		29
4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	29
4.1	Conclusiones.....	29
4.2	Recomendaciones.....	30

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica Del Litoral
FDA	Food and Drug Administration
UV	Ultraviolet
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
EPP	Equipo de Protección Personal
ADN	Acido Desoxirribonucleico
LMRs	Límite Máximo de Residuos

SIMBOLOGÍA

nm	Longitud de onda
cm	Centímetros
m	Metros
°C	Centígrados
W	Watts
$\frac{\mu\text{W}}{\text{cm}^2}$	Irradiación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema de trabajo	7
Figura 2.2. Restricciones del prototipo	14
Figura 3.1. Vista isométrica del diseño del prototipo	16
Figura 3.2 Vista frontal del diseño del prototipo.....	17
Figura 3.3. Vista frontal del diseño del prototipo en 2D	17
Figura 3.4. Vista superior en 2D con dimensiones	18
Figura 3.5. Cámara de luz UV-C terminada vista externa y forma correcta de uso	18
Figura 3.6. Cámara de luz UV-C terminada vista interna y forma incorrecto de uso	19
Figura 3.7. Posiciones de la irradiación UV-C	20
Figura 3.8. Resumen de los datos medidos de temperatura	21
Figura 3.11. Índice de severidad de pudrición de corona de banano	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Descripción de las alternativas de diseño	8
Tabla 2.2. Descripción de las categorías	9
Tabla 2.3 Color para evaluar quemaduras de la piel del banano.....	13
Tabla 3.1. Resultados de la prueba de irradiancia.....	20
Tabla 3.2. Promedios de los datos de temperatura tomados en la prueba de calor	21
Tabla 3.3. Resultado del efecto de irradiación al papel	22
Tabla 3.4. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano después de la irradiación UV-C sin cobertura de papel.	23
Tabla 3.5. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano después de la irradiación UV-C con cobertura de papel.	24
Tabla 3.6. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano del control comercial.	25
Tabla 3.7 Resultados del índice de severidad de pudrición de corona de banano	25
Tabla 3.8. Costo de materiales y equipos del prototipo	26
Tabla 3.9. Costos adicionales del diseño.....	27
Tabla 3.10. Costos de mano de obra.....	27
Tabla 3.11. Costos indirectos	28
Tabla 3.12. Costo total del diseño del prototipo	28

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 VISTA GENERAL

PLANO 2 VISTA DETALLADA

PLANO 3 VISTA DETALLADA CON DIMENSIONES

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es el principal exportador de banano a nivel mundial con la participación del 30% de la oferta global del fruto, siendo el rubro más importante del país, seguido del petróleo. Los principales socios internacionales son: La Unión Europea, Rusia y los Estados Unidos. La media mensual de cajas exportadas en marzo del 2016 fue de 26'330.030 y su valor por caja se mantuvo en \$ 6,16 hasta finalizar este periodo, proporcionando ingresos al país de más de \$162 mil millones mensuales en promedio. (AEBE, 2017; ProEcuador, 2016). A nivel internacional estudios señalan que la pérdida post cosecha de banano fue de 18.2 – 45.8% en países en desarrollo y específicamente 19.3% en Latinoamérica. (Kitinoja, I; Kader, A., 2015).

Una de las enfermedades de post cosecha más importantes en el cultivo de banano es la pudrición de corona que se presenta cuando la fruta llega a su etapa de madurez y está causada por el complejo de hongos como: *Verticillium*, *Botryodiplodia*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Colletotrichum musae* (Valencia C., Hurtado, Pérez R. y Vilaplan., 2016); este último es el patógeno predominante. (Finlay y Brown, 1993; Lassois., 2010). Las principales fuentes de contaminación de estos hongos son las flores, hojas secas, frutos rechazados, partes del pseudotallo próximos a la corona.

Las enfermedades post cosecha del banano se han tratado con fungicidas como el tiabendazol e imazalil; pero el límite máximo de residuo (LMRs) con el tiempo ha variado, por ejemplo, desde 1993 hasta el año 2000 fue de 10 mg/kg, mientras que en los últimos 17 años se ha mantenido en 5 mg/kg. Debido a los cambios de los agentes causales por la utilización de estos productos se impulsa a crear nuevas alternativas para su control (Villalta et al. 2006, Guzmán y Villalta 2008; Marín, 1997).

La luz UV-C es un método de desinfección que se ha utilizado anteriormente en bananos para el manejo de pudrición de corona y se ha comprobado que funciona como control germicida del *Colletotrichum musae*. (Bokhari, N. A., Siddiqui, I., Siddique, K. P. I., Rizwana, H., & Soliman, D. A. W., 2013).

1.1 Descripción del problema

El sector bananero ecuatoriano enfrenta problemas en el proceso de importación del banano. Tal es el caso de la existencia de enfermedades post cosecha del fruto, que causan rechazos en el ingreso de mercaderías en países clientes. Por ejemplo, la enfermedad originada por un complejo de hongos, llamada pudrición de corona, la cual provoca diferentes alteraciones en la fruta como: aceleración del grado de madurez debido al incremento de la producción de etileno, problemas en la estética dado que produce necrosis en la cáscara de banano y mal estado fitosanitario por la presencia de micelios en el pedúnculo.

Además, esta enfermedad genera pérdidas económicas por las cajas rechazadas y obstáculos en la importación por las regulaciones del límite máximo de residuos permitidos de ingredientes activos, puesto que, a lo largo del tiempo se restringe más su aplicación. Por lo tanto, se promueve la creación de nuevas alternativas para su control, como la tecnología de luz UV-C que impide el crecimiento de microorganismos patógenos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar el prototipo de una cámara de luz UV-C, como alternativa, para el manejo de pudrición de corona en banano de exportación, basada en la homogenización de la luz y el número de unidades irradiadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y construir el prototipo de una cámara de irradiación UV-C utilizando lámparas de mercurio de baja densidad de 254 nm.
- Valorar los efectos de la irradiación UV-C aplicados sobre manos de banano de exportación recolectados de un área de producción.
- Estimar costos de la construcción y funcionamiento del prototipo de la cámara de luz UV-C.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Proceso de post cosecha del banano

El racimo de banano ingresa a la empacadora por medio de un mecanismo por cable que lo transporta al área de limpieza, luego se limpia el racimo con chorros de agua que caen sobre toda la superficie, después del lavado se quita manualmente las flores que aún quedan en el fruto para evitar la caída del látex.

El desflore es la etapa que más influye en la calidad del banano y de su manejo depende el proceso de post cosecha por la susceptibilidad del banano a la propagación de microorganismos patógenos, puesto que en esta etapa muchas veces no se llega a quitar todas las flores, por lo tanto, esta fase es un punto de control que evita la contaminación en las siguientes etapas.

Posterior al desflore, se realiza el desmane que consiste en la separación de las manos del raquis, después se colocan las manos en tina y se sacan los dedos defectuosos. Seguidamente se elimina el látex que proviene de los cortes de la fruta mediante dispersantes o hipoclorito de sodio y se seleccionan y colocan las manos en bandejas, luego se las pesa y etiqueta.

En cada mano de banano se aplica en la corona una solución de Alumbre, mertec, tiabendazole, imazalil, como tratamiento para prevenir enfermedades de post cosecha. Luego, las manos se empacan en cajas de cartón y se almacenan en temperaturas bajas (12-14°C aproximadamente) debido a que es un fruto climatérico, es decir, que produce etileno y CO₂, lo cual influye en la maduración, por consiguiente, afecta a su tiempo de vida útil. Por otra parte, el transporte de las cajas se realiza mediante pallets que se ubican en camiones o contenedores. El tiempo de transporte generalmente es de 14-21 días dependiendo del lugar de destino. (Flores del Valle, W.,2013)

1.3.2 Problemas de post cosecha: pudrición de corona de banano

La pudrición de la corona es una de las enfermedades de postcosecha más importantes. Se han reportado pérdidas entre 10 al 86% por su causa en

diferentes lugares del mundo (Lassois et al, 2010), además puede causar el rechazo de los embarques de la fruta en los puertos de destino.

La susceptibilidad de la fruta al patógeno depende de los factores agrotécnicos y edafoclimáticos, además, del estado fisiológico de la fruta debido que mientras más joven sea la fruta hay menos posibilidades de que se encuentre contaminada (Chillet M., Hubert O., Rives M.J. y De Lapeyre De Bellaire L.,2006).

La enfermedad se inicia con la infección en la zona de corte, debido a las heridas producidas en el proceso de desmane, las mismas que dan lugar a la germinación de las esporas de los hongos y penetran en las coronas. Los primeros síntomas aparecen sólo después de envasado y enviado a su destinatario (Kamel, MAM, Cortesi P, Saracchi M., 2016; Lassois, 2010). La pudrición de la corona comienza con un desarrollo del micelio de color blanquecino en la superficie de la corona, seguido de un desarrollo interno. Este desarrollo interno puede, posteriormente, afectar al pedúnculo y toda la fruta, llevando al ablandamiento y ennegrecimiento del tejido del fruto (Lassois, 2010).

Es importante recalcar que la pudrición de la corona puede desarrollarse y dañar toda la fruta, no obstante, la pulpa no se ve afectada a menos que esté demasiado madura (Stover, 1972 y Chillet et al., 2007).

Para el control de este problema, se utilizan fungicidas aplicados a la zona de la corona. Diversos ingredientes activos se han probado para su control, entre otros benomil, tiabendazol, imazalil, myclobutanil, azoxystrobin (INIAP, 1983, Espinoza et al, 1994, Chiriboga & Mora, 1998, Anchundia, 2003, Pasaca, 2003).

1.3.3 Tratamiento UV-C

La luz UV-C es la longitud de onda ultravioleta de 200-280 nm que afecta al ADN iniciando la dimerización de la timina e impide que el microorganismo proceda de la transcripción y replicación del ADN, conduciéndolo a la muerte celular. (Bank, Schmehl, & Dratch, 1990).

Estudios informaron que el UV-C redujo significativamente la población de *P. expansum* en superficies de peras intactas y heridas. (Syamaladevi, R. M., Adhikari, A., Lupien, S. L., Dugan, F., Bhunia, K., Dhingra, A., & Sablani, S. S., 2015)

Otras investigaciones anunciaron que la exposición de UV-C durante 60 minutos en semillas de Poroto chino (*Vigna radiata*) y de maní (*Arachis hypogaea*) redujo significativamente la infección por hongos del suelo como *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium* spp. (Siddiqui, A., Dawar, S. H. A. H. N. A. Z., Zaki, M. J., & Hamid, N., 2011).

En la investigación sobre el manejo de la antracnosis en banano, la exposición a la irradiación UV-C durante 45 minutos en adelante logró inhibir completamente el crecimiento fúngico (N. A. Bokhari, 2013).

1.3.4 Factores de irradiación UV-C para inhibir microorganismos

Estudios anteriores sobre la eficacia germicida de las lámparas UV se han centrado en las características espectrales del bulbo, la potencia, intensidad y tiempo de exposición, por este motivo, para el diseño del proyecto se tomó en cuenta este tipo de luces. (Cacace, D., Palmieri, L., 2014).

1.3.5 Normativas para exportación, importación de banano y procesos post cosecha

Existen varias consideraciones legales que se presentan en la hora de exportar e importar bananos, entre estas consideraciones tenemos los certificados fitosanitarios de exportación emitidos por Agrocalidad, que es el único requisito para que la fruta salga del país; aunque, para el ingreso a algunos países como Estados Unidos se pide una inspección fitosanitaria en el punto de encuentro.

Las regulaciones de importación como Commission Regulation No. 2257/94 de la Unión Europea establecen factores como: el color, tamaño y sabor de la fruta, además existen otras que cuidan diferentes aspectos del manejo de este fruto

como: niveles máximos de residuos permitidos (CCPR, órgano subsidiario de la comisión del Codex Alimentario). Se adjunta la regulación en el apéndice B.

Existe una regulación que rige el nivel máximo de longitud de onda UV-C permitida en alimentos como la Norma 21 CFR 179.39 que se toma en cuenta durante la producción, procesamiento y manejo de alimentos. Se adjunta la norma en el apéndice B.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

2.1 Esquema de trabajo

A continuación, se detalla la planificación de trabajo realizada para la elaboración del diseño del prototipo.

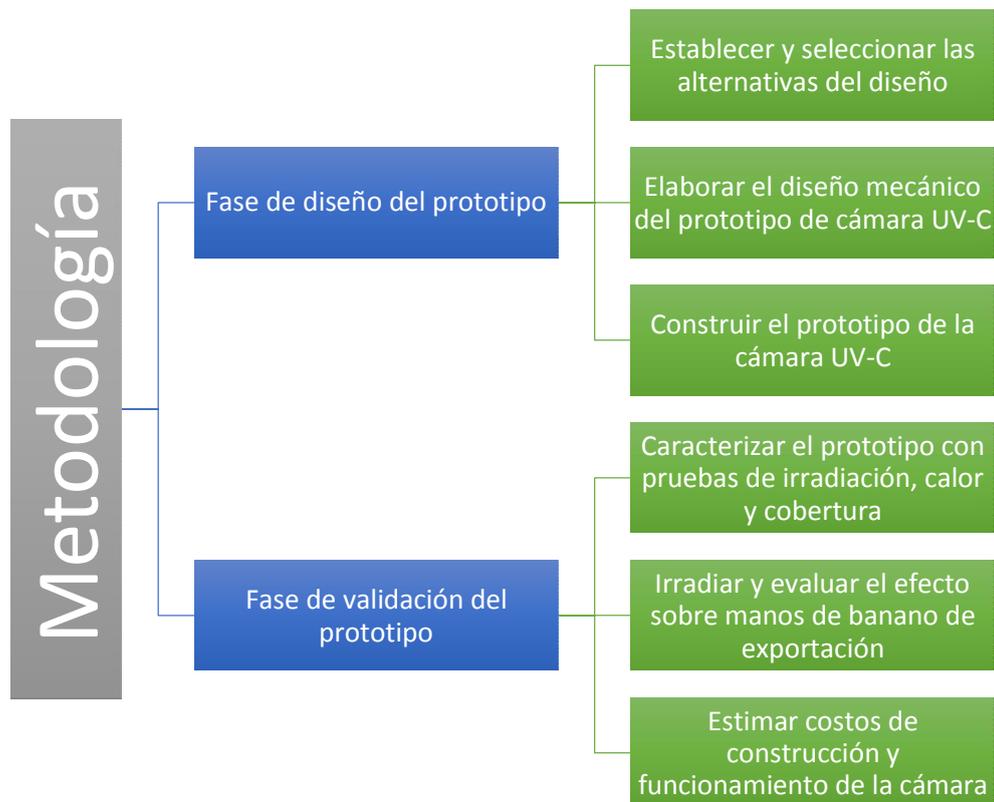


Figura 2.1. Esquema de trabajo

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

2.2 Fase de diseño del prototipo

La fase de diseño consistió en la planificación de ideas y desarrollo de soluciones del problema, a partir de una matriz de decisión se seleccionó la alternativa que mostró mejores resultados y posteriormente se ejecutó su respectiva construcción. Esta etapa se clasificó en: 1) Establecer y seleccionar las alternativas del diseño; 2) Elaborar el diseño mecánico del prototipo de cámara UV-C; 3) Construir el prototipo de la cámara UV-C.

2.2.1 Establecimiento y selección de alternativas del diseño

En primer lugar, se seleccionó el tiempo de irradiación de 50 minutos, dado que a partir de los 45 minutos de exposición se ha logrado inhibir agentes patógenos de diferentes enfermedades. Y luego en la tabla 2.1. se procedió a describir los posibles diseños a realizar, basados en dos factores:

- Homogenización de la luz UV-C
- Número de unidades irradiadas

Tabla 2.1. Descripción de las alternativas de diseño

Alternativas	Propuesta	Descripción
A	Diseño de una cámara prototipo con una lámpara de mercurio de longitud de onda de 254 nm (UV-C) y una mano de banano en su interior.	Esta alternativa de diseño se desarrolló en función a la facilidad de manejo de la muestra, y a la unidad de muestra que es la mano de banano de exportación. La lámpara se coloca perpendicular a la fruta a una distancia de irradiación durante 50 minutos.
B	Diseño de una cámara prototipo con 6 lámparas UV-C, y 20 manos de banano en su interior.	El diseño de esta alternativa está basado en la unidad de exportación que es una caja de banano, las dimensiones de la bandeja y en la distribución de la luz. Este diseño propone 6 lámparas se colocan de la siguiente manera: 4 en la parte superior y 2 en las paredes laterales del prototipo; las manos de banano se distribuyen perpendicular a las lámparas dando lugar a 3 filas de 5 manos de banano en cada una en una distancia de irradiación durante 50 minutos.
C	Diseño de una cámara prototipo con 4 lámparas en el techo y 3 espejos ubicados en las paredes.	Este diseño se basó en evaluar el efecto de las luces UV-C cuando se encuentren a diferentes distancias de la fuente luminaria, la facilidad de manejo, la homogenización de la luz y la unidad de muestra que es la mano de banano de exportación En este diseño se propone el uso de 5 manos de banano para cada distancia de irradiación en un tiempo de 50 minutos, la implementación de espejos en las paredes del prototipo con el fin de homogenizar la distribución de la luz y 4 lámparas UV-C ubicadas en la parte superior de la cámara en dirección perpendicular a las manos.

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

Luego de discernir las alternativas de diseño se elaboró una matriz de decisión, donde se eligió la opción con mayor puntuación, para la selección se establecieron varios factores con su respectiva ponderación.

Dado que todos los diseños fueron basados en obtener una correcta distribución de la luz y el número de unidades irradiadas ideal para la cámara prototipo, se crearon categorías que permitieron evaluar estos factores en cada uno de los diseños planteados en la tabla 2.1. Las categorías con mayor ponderación son: distribución de la luz y costos de la construcción; considerando que otro de los aspectos importantes del diseño fue el número de unidades irradiadas, se asignó las categorías de: distribución de la muestra, costos de muestras y el tiempo de trabajo que va directamente relacionado al tiempo de manejo de muestra.

Tabla 2.2. Descripción de las categorías

Categorías	Ponderación	Descripción
Distribución de la luz	35%	Dado que todos los diseños fueron basados principalmente para obtener una correcta distribución de la luz, este fue el ítem al que se le asignó la ponderación más alta.
Distribución del fruto	15%	Esta categoría representa el porcentaje de área cubierto por fruta dentro de la cámara UV-C prototipo. Para la evaluación se consideró que mientras más fruta se coloque dentro de la cámara mayor va a ser el área cubierta y mayor va a ser su calificación.
Tiempo de trabajo	10%	Esta categoría muestra el tiempo efectivo de trabajo basado en el tiempo de manejo del fruto entre cada exposición UV-C. la para la evaluación se consideró que entre más fruta se coloque en cada irradiación mayor va a ser el tiempo de manejo y menor va a ser su calificación.
Costos de muestras	20%	Para la evaluación de esta categoría se consideró que entre menos manos de banano haya menor va a ser el costo y mayor su calificación.
Costos de construcción	20%	Los costos de construcción están directamente relacionados con el número de lamparas que se usan en cada diseño y las dimensiones de la caja de madera base. La evaluación se la realizó de la siguiente manera, entre mayor sea el número de estos materiales mayor va a ser el costo de construcción y menor va a ser su calificación.

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

2.2.2 Planteamiento de las especificaciones bases para diseñar la cámara prototipo seleccionada

La cámara prototipo se diseñó en función a las dimensiones de la bandeja y de las lamparas UV-C, las lamparas fueron ubicadas dentro del prototipo de tal manera que la irradiancia sea totalmente perpendicular a la corona de las manos de banano en todas las distancias propuestas; las distancias propuestas del diseño fueron 30, 40, 65 cm, debido a que las distancias de exposición desde las lamparas hasta la corona deben ser de 15, 25, 50 cm y se considera que las manos de banano tienen un alto de 15 cm desde su base hasta la corona, que es la zona que se desea tratar. Se añadió una tabla movable con la finalidad de para brindar una mayor estabilidad a la bandeja de banano y facilitar su manejo en cada una de las distancias establecidas, debido a su peso. Los espejos fueron adheridos a las paredes del prototipo para reflejar la luz que toca las paredes de la cámara y direccionarla al área de acción.

2.2.3 Elaboración del diseño mecánico del prototipo de cámara UV-C

Después de la selección del diseño del prototipo se eligió trabajar con el programa Autodesk Inventor 2017 para realizar la respectiva modelación del diseño en 3D y 2D con la colaboración de un Ingeniero Mecánico se comenzó diseñando las piezas de madera y realizando el ensamble de las mismas, además se logró identificar las dimensiones exactas para su posterior construcción.

2.2.4 Construcción de la cámara UV-C

La construcción de la cámara de tratamiento UV-C se realizó con ayuda de maestros artesanales especializados, se usaron tres planchas de MDF de 2.6 x 1.83 m, que luego fueron cortadas en 6 piezas y se ensamblaron en forma cubica, además, se adhirieron 6 soportes de madera a diferentes distancias, a continuación, se procedió a colocar los espejos en las paredes laterales y uno en la pared posterior. Finalmente se realizó la instalación eléctrica de las lamparas UV-C y se colocó papel aluminio en los espacios por los que podría haber fugas de la luz UV.

Cuando la cámara estuvo completamente construida se colocó la bandeja de banano en su interior, además, se planificó las pruebas preliminares para la distribución de la luz UV-C.

Para la construcción del prototipo se utilizaron los siguientes materiales:

Tabla 2.3. Materiales y equipos del prototipo

Descripción de materiales	Cantidad
Lámparas de mercurio de luz UV-C GE 30 T8 código 11080	6
Enchufe	1
Cableado gemelo (20 metros)	7
Soporte para fluorescentes	5
Interruptores	1
Tornillos	3
Taípe eléctrico	1
Regulador de voltaje	2
Madera MDF (100x80 cm)	6
Madera MDF (100x100 cm)	1
Soportes de madera	6
Silicón Sika Transparente	1
Espejos (30.8 x 93 cm)	2
Espejos (6.5x 93 cm)	2
Espejos (21.5 x 93 cm)	2
Espejos (66.7 x 99.5 cm)	1
Bandeja de empacadora de banano	1
Bisagras	4
Radiómetro digital UV512C	1

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

2.3 Fase de validación del prototipo

Esta etapa se fundamentó en demostrar que el prototipo sea capaz de satisfacer la función para lo cual fue diseñado. La clasificación de esta fase fue: 1) Caracterización del prototipo, 2) Irradiación y evaluación del banano, 3) Estimación de costos del diseño.

2.3.1 Caracterización del prototipo

La caracterización del equipo se llevó a cabo con la finalidad de conocer las características de funcionamiento del prototipo. En esta etapa se realizaron tres pruebas que son: irradiancia, calor y cobertura.

- Prueba de irradiancia

La prueba de irradiación UV-C fue llevada a cabo con el fin de examinar si existe una distribución homogénea de la luz en 9 puntos dentro de la cámara prototipo; para esta prueba se utilizó un radiómetro digital UV-C, el mismo que fue colocado a cada una de las distancias establecidas (30, 40, 65 cm) y en las posiciones predeterminadas por las autoras como extremo izquierdo, centro y extremo derecho, en un tiempo de 50 minutos en cada prueba.

- Prueba de calor

La prueba de calor se la realizó con la finalidad de constatar si existen variaciones de temperatura dentro de la cámara UV-C durante el funcionamiento de la cámara prototipo; para la realización de esta prueba se necesitó un Pirómetro laser, con el cual realizó tomas en varios puntos (cada 5 cm) del soporte de la bandeja de banano y a las diferentes alturas (30, 40, 65 cm) del interior de la cámara prototipo, con la finalidad de verificar si existen cambios de temperatura en los diferentes puntos de la cámara.

- Prueba de cobertura

La prueba del papel consistió en exponer papel manteca a los rayos UV- C durante 50 minutos a la distancia más cercana (15 cm), para observar sus efectos sobre este. Además, para evaluar si el papel funciona como protección de la piel de banano ante los efectos de la irradiación UV-C.

2.3.2 Evaluación del efecto sobre las manos de banano de exportación

Para medir el efecto fue necesario recolectar manos de banano de exportación de las cuales se utilizaron 15 manos por cada piso de evaluación, y 15 manos para la evaluación del producto tratado con el control químico utilizado por la empacadora

en campo. Previamente a la irradiación UV-C se consideró la existencia de quemaduras en la piel del fruto y se estableció una cubierta de papel como filtro de protección.

Una vez colocada las manos de banano en la bandeja se procedió a iniciar con las pruebas de irradiación, las mismas que fueron realizadas mediante la utilización de manos de banano sin papel y cubiertos con papel.

Después de esta actividad los bananos fueron almacenados en mesones de laboratorio, y luego de 7 días se los roció con un producto químico acelerador de maduración del fruto (etileno) para posterior evaluación a 7 días.

Utilizando la escala de Frossard (adjunto en el Apéndice C) de manera visual se evaluó cualitativamente el desarrollo de la enfermedad en las manos de banano irradiadas. Posteriormente, se obtuvo el índice de severidad de la enfermedad utilizando la fórmula de Townsend y Heuberguer (Aragon, Herrera,1998), la misma que se aprecia a continuación:

$$IS = \frac{\sum na}{(N-1)T} \times 100$$

IS = Índice de severidad, n = Número de manos de banano, a = Grado, N = Número de grados empleados en la escala, T = Número total de manos de banano evaluados.

Las quemaduras de la piel fruto fueron evaluadas visualmente por el color como se muestra a continuación:

Tabla 2.3 Color para evaluar quemaduras de la piel del banano

Color	Descripción
Característico del fruto	Sin quemaduras
Marrón	Quemado
Café oscuro - Negro	Muy quemado

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

2.3.3 Estudio de costos

El análisis de costos se realizó en función al concepto “objeto de costos”, que se clasifica en: costos directos e indirectos. Los costos directos son: materiales y equipos para la construcción del prototipo, mano de obra, materiales adicionales del diseño; mientras que los costos indirectos son: actividades de ingeniería, transporte, energía eléctrica e imprevistos.

2.3.4 Restricciones

A lo largo del desarrollo del trabajo del trabajo se encontraron algunas restricciones las cuales se detallan a continuación:

La construcción del prototipo tiene restricciones basadas en dos aspectos: tiempo de trabajo y precaución del manejo de las lamparas UV-C.

Con respecto al tiempo de vida útil de las lámparas es de 7500 horas, por esta razón, es necesario que cuando se trabaje en la cámara de manera continua se tenga lámparas de repuesto.

El trabajo con lamparas UV-C si es manejado de manera incorrecta puede causar ceguera y quemaduras en la piel (Figura 2.2.). Para la seguridad y salud ocupacional de exposición a la radiación UV existe el decreto 2393 en el Ecuador (adjunto en el Apéndice B).



Figura 2.2. Restricciones del prototipo

Fuente: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados de la solución obtenida, con la metodología descrita en el Capítulo 2.

3.1 Establecimiento y selección de las alternativas de diseño

Los criterios que influyen directamente al diseño del prototipo son: distribución de la luz, distribución del fruto en la cámara, tiempo de trabajo y costos como se puede observar en detalle (Tabla 3.1).

Para la selección de la mejor alternativa de diseño, se realizaron los siguientes criterios con sus respectivos valores: Excelente (10); Muy bueno (8); Bueno (6); Regular (3); Malo (1).

De acuerdo con la matriz de toma de decisiones, la mejor alternativa para el diseño de la construcción del prototipo fue la opción C. La cual muestra que los precios de construcción fueron menores y su distribución de la luz fue mejor al del de la alternativa B, gracias a la implementación de espejos; El manejo de la muestra, la distribución del fruto y los costos de muestras fueron mejores que en los otros diseños, dado que al escoger cinco manos de banano y ubicarlas en cinco punto estratégicos de la cámara se logró obtener una cobertura total de los puntos de irradiancia dentro de la cámara prototipo, además con este escenario los costos y el tiempo de manejo son menores.

Tabla 3.1. Matriz de toma de decisión

Categorías	Ponderación	A (10 ptos)	B (10 ptos)	C (10 ptos)	A (Ponderado)	B (Ponderado)	C (Ponderado)
Distribución de la luz	35%	8	8	10	2.8	2.8	3.5
Distribución del fruto	15%	3	10	8	0.45	1.5	1.2
Tiempo de trabajo	10%	10	1	8	1	0.1	0.8
Costos de muestras	20%	10	1	8	2	0.2	1.6
Costos de construcción	20%	10	6	8	2	1.2	1.6
					8.25	5.8	8.7

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

3.2 Elaboración del diseño mecánico del prototipo de cámara UV-C

Los planos del diseño mecánico se encuentran adjuntos el apéndice A. En esta sección se detallan los resultados del diseño en vista 3D, 2D y con dimensiones como se observa a continuación:

- Vista isométrica

En la figura 3.1. se aprecia el diseño de la cámara en vista isométrica.

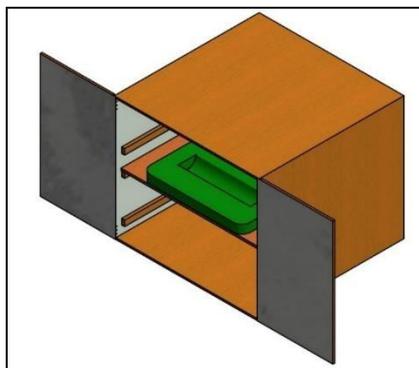


Figura 3.1. Vista isométrica del diseño del prototipo

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

- Vista frontal en 3D

En la figura 3.2. se aprecia el diseño de la cámara en vista frontal.



Figura 3.2 Vista frontal del diseño del prototipo

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

- Vista frontal en 2D con dimensiones

En la figura 3.3. se aprecia el diseño de la cámara en vista frontal en 2D con dimensiones.

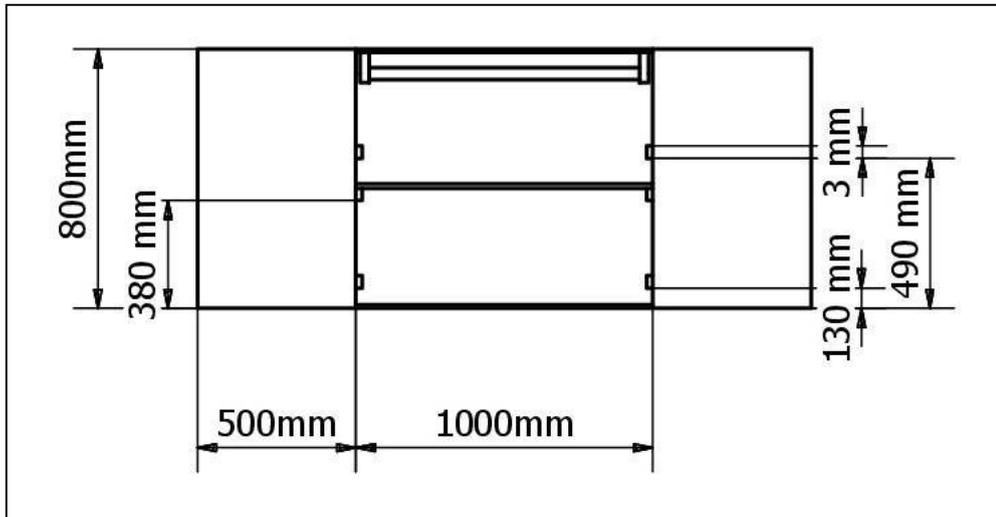


Figura 3.3. Vista frontal del diseño del prototipo en 2D

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

- Vista superior en 2D con dimensiones

En la figura 3.4. se aprecia el diseño de la cámara en vista frontal en 2D con dimensiones.

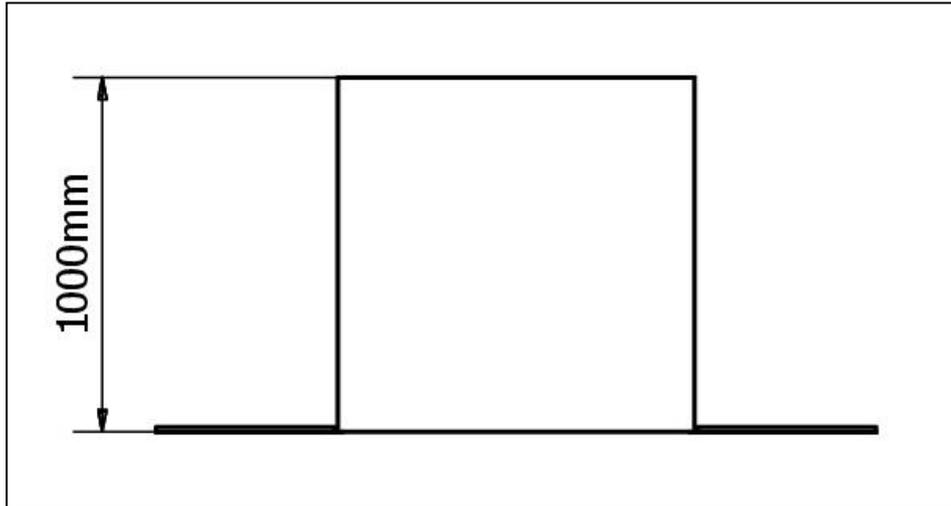


Figura 3.4. Vista superior en 2D con dimensiones

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

3.3 Construcción de la cámara UV-C

El prototipo de cámara UV-C se construyó en una semana con los materiales indicados en el capítulo 2. La cámara UV-C terminada se evidencia en la figura 3.5. y figura 3.6, luego se procedió a realizar la caracterización del prototipo.

Debido a las restricciones del prototipo, este no puede ser utilizado bajo ningún termino con la puerta abierta como se muestra en la figura 3.6, ya que puede causar serias lesiones como se menciona en el Capítulo 2. La forma correcta de usar la cámara UV-C prototipo es como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5. Cámara de luz UV-C terminada vista externa y forma correcta de uso.

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

La forma incorrecta de usar la cámara UV-C prototipo es como se muestra en la figura 3.6.

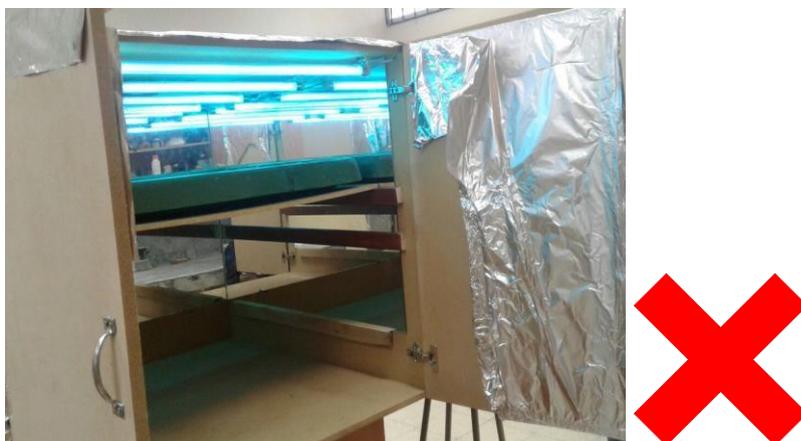


Figura 3.6. Cámara de luz UV-C terminada vista interna y forma incorrecto de uso.

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

3.4 Caracterización del prototipo con pruebas de irradiación, calor y cobertura

- Pruebas de Irradiación

En esta prueba se observó una notable diferencia entre la irradiación emitida en las diferentes ubicaciones dentro del prototipo.

La irradiancia se mantiene homogénea cuando se mide cerca de la lámpara y esto se puede evidenciar en los valores extremos izquierdo y derecho de la ubicación superior, mientras que la mayor parte de irradiación se concentra en medio. A medida que se aleja de las lámparas, la concentración en el centro disminuye y los valores extremos se vuelven no homogéneos.

Se presenta una ilustración de lo mencionado en la figura 3.7.

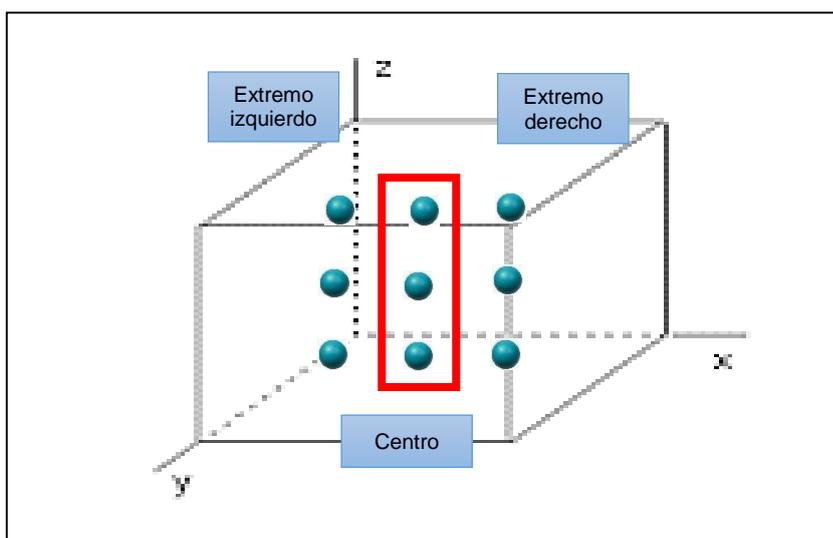


Figura 3.7. Posiciones de la irradiación UV-C

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

En la tabla 3.3. se observa los datos tomados en las diferentes ubicaciones del prototipo para la prueba de irradiación.

Tabla 3.1. Resultados de la prueba de irradiancia

		Irradiancia (uW/cm ²)		
		Ubicación		
Piso		Extremo izquierdo	Centro	Extremo derecho
Superior		675	1275	672
Centro		605	1120	550
Bajo		509	703	546

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

- Calor

Los datos de temperatura variaron muy poco con respecto a la media de cada ubicación, siendo 26.5 para la distancia superior, 28.5 para la distancia central, y 26.90 para la distancia baja, como se observa en la figura 3.8., con una incertidumbre aleatoria de 0.20, 0.22 y 0.24 respectivamente como se aprecia en la tabla 3.2.

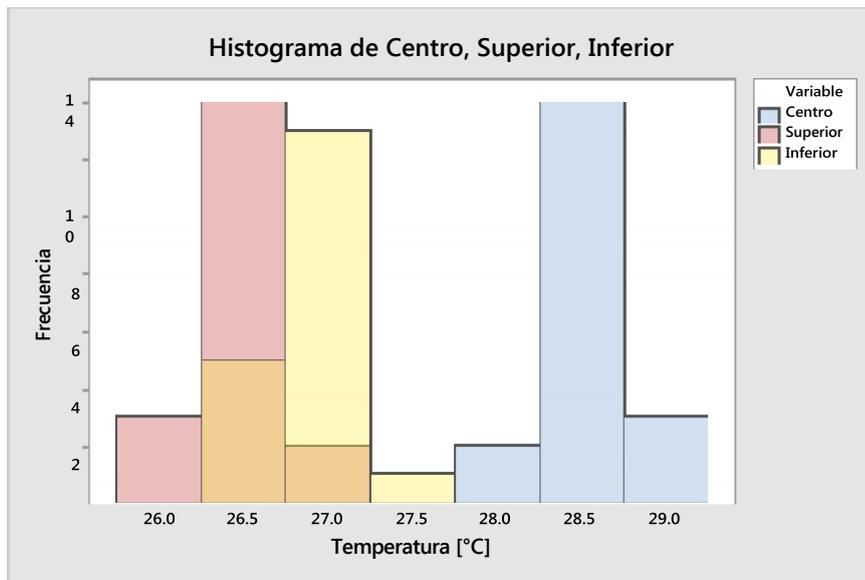


Figura 3.8. Resumen de los datos medidos de temperatura

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

En la tabla 3.2 se muestra los promedios de temperatura tomados a diferentes distancias con su respectiva incertidumbre aleatoria.

Tabla 3.2. Promedios de los datos de temperatura tomados en la prueba de calor

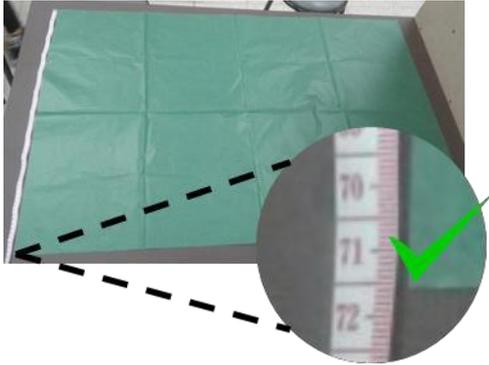
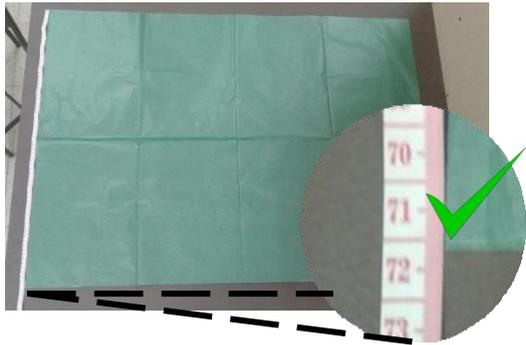
	Ubicación		
	Superior	Centro	Inferior
Temperatura (°C)	26.45 ± 0.20	28.53 ± 0.22	26.85 ± 0.24

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

- Prueba de cobertura

El papel conservó su color y no presentó ningún tipo de quemaduras ni laceraciones, además no cambió su dimensión, como se observa en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Resultado del efecto de irradiación al papel

Antes de irradiación	Después de irradiación
	

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

3.5 Irradiación y evaluación del efecto sobre el banano de exportación

Los resultados de la evaluación del efecto UV-C sobre las manos de banano fueron de dos tipos: 1.) quemadura y 2.) índice de severidad de la pudrición de corona.

- 1.) Para ambas evaluaciones tanto con y sin papel; la quemadura del banano del piso superior y del centro fue la misma, ya que resultó “muy quemado”, mientras que el efecto de quemadura del banano ubicado en el piso inferior fue “quemado”. (Ver en tabla 3.4 y 3.5).
- 2.) El índice de severidad de pudrición de corona de la irradiación con papel fue similar a los resultados porcentuales del control fungicida, mientras que la irradiación sin papel presentó mejores resultados que los otros, al evidenciarse un menor porcentaje de afectación. (Ver tabla 3.7 y figura 3.11).

Los datos que se obtuvieron en la evaluación sin cobertura de papel se evidencian a continuación en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano después de la irradiación UV-C sin cobertura de papel.

SIN PAPEL				
Piso	Resultado (se muestra 1/15 manos)	Efecto quemadura (Escala propia)	Resultado (se muestra 5/15 manos)	Efecto Pudrición de corona (Escala Frossard)
<i>Superior</i>		Muy quemado		10 manos: 0 5 manos: 2
<i>Centro</i>		Muy quemado		11 manos: 0 4 manos: 2
<i>Bajo</i>		Quemado		11 manos: 0 4 manos: 2

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

Los datos obtenidos en la evaluación de irradiación con cobertura de papel se observan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano después de la irradiación UV-C con cobertura de papel.

CON PAPEL				
Piso	Resultado (se muestra 1/15 manos)	Efecto quemadura (Escala propia)	Resultado (se muestra 5/15 manos)	Efecto Pudrición de corona (Escala Frossard)
Superior		Muy quemado		7 manos: 0 8 manos: 2
Centro		Muy quemado		11 manos: 0 4 manos: 2
Bajo		Quemado		12 manos: 0 3 manos: 2

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

Los datos de evaluación del control comercial se aprecian en la tabla 3.6. Cabe mencionar, que este último no tuvo evaluación de efectos de quemadura porque no se irradió.

Tabla 3.6. Resultado de la evaluación del efecto de manos de banano del control comercial.

CONTROL COMERCIAL	
Resultado (se muestra 5/15 manos)	Efecto Pudrición de corona (Escala Frossard)
	7 manos: 0 1 mano: 1 4 manos: 3 3 manos: 2

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

La figura 3.7 muestra el porcentaje transformado de la escala cualitativa de frossard de pudrición de corona al índice porcentual de severidad de la enfermedad.

Tabla 3.7 Resultados del índice de severidad de pudrición de corona de banano

	Control Fungicida	UV -C sin papel	UV-C papel
Índice de severidad	7.1%	6.9%	7.4%

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

La figura 3.11. muestra el porcentaje de severidad de pudrición de corona del fruto.

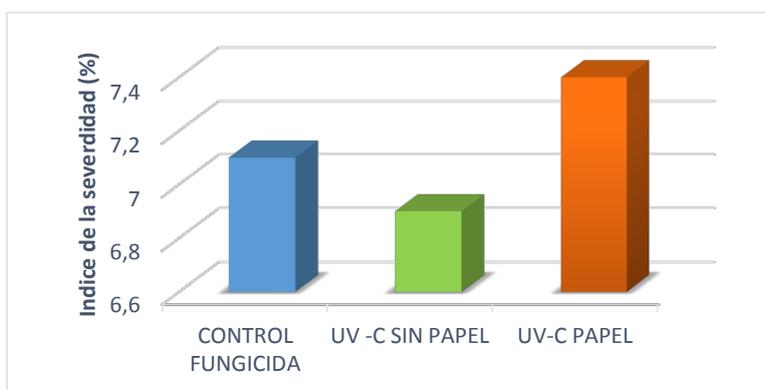


Figura 3.9. Índice de severidad de pudrición de corona de banano

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

3.6 Estudio de costos

Los costos directos del prototipo dieron un total de \$1.862,30, mientras que los costos indirectos fueron \$3.405,48, dando un total de **\$5267.78**.

□ Costos directos

Los costos directos representan el 35% del costo total del proyecto, esto se presenta en la tabla 3.11.

A continuación, se describen los costos de materiales y equipos utilizados para la construcción del prototipo en la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Costo de materiales y equipos del prototipo

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Lámparas de mercurio de luz UV-C GE 30 T8 código 11080	6	\$21.00	\$141.12
Enchufe	1	\$0.57	\$0.64
Cableado gemelo de 20 (metros)	7	\$0.18	\$1.41
Soporte para fluorescentes	5	\$0.82	\$4.59
Interruptores	1	\$1.33	\$1.49
Tornillos	3	\$0.19	\$0.64
Taípe eléctrico	1	\$0.53	\$0.59
Regulador de voltaje	2	\$12.20	\$27.33
Madera MDF (100x80 cm)	6	\$16.00	\$107.52
Madera MDF (100x100 cm)	1	\$13.00	\$14.56
Soportes de madera	6	\$2.00	\$13.44
Silicón Sika Transparente	1	\$4.00	\$4.48
Espejos (30.8 x 93 cm)	2	\$5.20	\$11.65
Espejos (6.5x 93 cm)	2	\$2.20	\$4.93
Espejos (21.5 x 93 cm)	2	\$3.90	\$8.74
Espejos (66.7 x 99.5 cm)	1	\$9.24	\$10.35
Bandeja de empacadora de banano	1	\$10.00	\$11.20
Radiómetro digital UV512C	1	\$599.99	\$671.99
TOTAL			\$1,036.66

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

A continuación, se describen los costos adicionales del diseño del prototipo en la siguiente tabla:

Tabla 3.9. Costos adicionales del diseño

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Cajas de banano de exportación	20	\$6.26	\$140.22
Papel manteca	1	\$1.00	\$1.12
Balde	2	\$1.66	\$3.72
Bandejas	3	\$2.00	\$6.72
Colador	1	\$1.57	\$1.76
Ethyl	1	\$10.00	\$11.20
Adhesivos	1	\$1.00	\$1.12
Tijeras	1	\$1.00	\$1.12
Regla de 30 cm	1	\$1.00	\$1.12
TOTAL			\$166.98

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

A continuación, se describen los costos de mano de obra de la construcción del prototipo en la siguiente tabla:

Tabla 3.10. Costos de mano de obra

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN				
Horas por día: 8 horas				
Mano de obra	Cantidad	Tiempo en horas	Precio unitario	Total
Ebanista de madera	1	5	\$3.39	\$18.98
Ebanista de espejos	1	1	\$3.39	\$3.80
Eléctrico	1	3	\$5.65	\$18.98
TOTAL				\$41.76
COSTOS DE IRRADIACION UV				
Horas por día: 8 horas				
Mano de obra	Cantidad	Tiempo en horas	Precio unitario	Total
Ingeniera Agrícola y Biológica	1	54	\$5.10	\$308.45
Ingeniera en Alimentos	1	54	\$5.10	\$308.45
TOTAL				\$616.90
TOTAL MANO DE OBRA				\$658.66

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

□ Costos indirectos

Los costos indirectos representan el 65% del costo total del proyecto, esto se evidencia en la tabla 3.10.

Tabla 3.11. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS				
Función	Cantidad	Unidad	P.U.	Total
Ingeniería	3	Meses	\$900	\$2,700.00
Transporte	1	Unidad	\$225	\$225.00
Energía 30 W	6.84	kwh	\$0.0901	\$0.62
Imprevistos	1	Meses	\$480	\$480.00
TOTAL				\$3,405.62

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

□ Costo Total

El costo indirecto fue mayor que el costo directo, a continuación, se detallan los costos en la siguiente tabla:

Tabla 3.12. Costo total del diseño del prototipo

COSTOS DIRECTOS	
Materiales y equipos caja	\$1,036.66
Materiales adicionales	\$166.98
Mano de obra	\$658.66
Total directos	\$1,862.30
COSTOS INDIRECTOS	
Ingeniería	\$2,700.00
Transporte	\$225.00
Energía 30 W	\$0.48
Imprevistos	\$480.00
Total indirectos	\$3,405.48
TOTAL	\$5,267.78

Elaboración: Ulloa Estefanía, Pacheco Michelle. 2017.

Adicionalmente, si 1 caja de banano se irradia a 120 Watts, y el tiempo de irradiación es de 50 minutos, se obtiene 0.1 kwh. Si se considera que el costo kwh local es de \$0.0901, entonces el costo energético para irradiar una caja de banano es de \$0.00901, por lo tanto, si la caja cuesta \$6.26, el porcentaje de costo energético con respecto al precio de las cajas de banano de exportación es de

0.14%.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo radica en que la cámara de luz UV-C funciona como tratamiento para la pudrición de corona debido al poder germicida de las lámparas UV-C. Además, que es una alternativa ante los fungicidas convencionales de uso post cosecha en banano de exportación y finalmente sus principales ventajas son: el bajo costo energético, no existe manipulación en el proceso y no deja residuos químicos.

4.1 Conclusiones

- El diseño apropiado acorde a la matriz de decisión fue aquel que poseía principalmente una correcta distribución de la luz y número de unidades irradiadas adecuadas para la cámara.
- El prototipo seleccionado resultó ser funcional, dado que presentó características favorables para el manejo de pudrición de corona, especialmente por bajos niveles obtenidos de severidad de la enfermedad de 6.9%.
- La irradiación en el interior de la cámara no es la misma en todos los puntos y su mayor concentración se encuentra en el centro superior.
- La temperatura dentro del prototipo es mayor en el centro que en los extremos, y se mantiene constante a lo largo del tiempo.
- El papel manteca no se quemó después de ser irradiado, sin embargo, éste no sirvió como protección de la piel de banano, ya que la irradiación de las manos cubiertas con papel causó efectos de quemaduras en la piel del fruto.
- La cercanía de exposición con respecto a las lámparas UV-C produce mayores quemaduras a la piel del fruto, por lo que se concluye que la mejor alternativa de uso es la distancia a 50 cm.
- La irradiación sin papel, con respecto a la pudrición de corona, presentó una mayor reducción de severidad de la enfermedad en relación con la irradiación

utilizando papel y con el control comercial, por lo que se considera la mejor opción de uso.

- El costo total del diseño y construcción del prototipo es de \$5,267.78, de los cuales \$1,862.30 son los gastos directos y \$3,405.48 gastos indirectos; dentro de los gastos indirectos se puede apreciar que los gastos de energía eléctrica son bajos ya que para irradiar una caja de banano se necesitan \$0.00901, esto representa el 0.14% con respecto al precio de las cajas de banano de exportación, por lo tanto, es viable una construcción a escala industrial.

4.2 Recomendaciones

- Mejorar el peso de la cámara con el uso de materiales más livianos y tener cuidado en la manipulación porque posee materiales frágiles.
- El interruptor de la cámara UV-C debe ser ubicado en una mejor posición, de preferencia que la longitud del cable salga puertas afuera del área donde ella se encuentra.
- Utilizar un material que hermetice la cámara, ya que el aluminio cubre parcialmente las hendiduras donde se escapa la irradiación UV-C.
- Probar con otro papel que no sea manteca si funciona como filtro de rayos UV-C para proteger la piel de banano.
- El manejo de las lámparas UV-C debe ser realizado por personal capacitado y tener las precauciones específicas.
- Tener precauciones en el uso de lámparas UV-C que emitan ozono porque ocasiona problemas respiratorios.
- Plantear el diseño de un túnel con espejos, lámparas UV-C en la parte superior y bandas transportadoras para una aplicación industrial.
- En caso de realizar la construcción del prototipo a escala industrial, utilizar acero inoxidable en reemplazo de la madera por legislaciones alimentarias.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ AEBE. (2016). Ecuador: Noviembre Estadísticas 2016. Recuperado a partir de <http://www.aebe.com.ec/2017/03/estadisticas-noviembre-2016/>
- ❖ Aragon, Herrera. (1998). Magnitud del Índice de severidad de la enfermedad Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivar S-INIVIT – 1 en las condiciones edafo-climáticas del municipio Santo Domingo en Cuba. . 2007, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5390/S-INIVITI%20SANIDAD%20Vejetal%202.pdf>
- ❖ Bank, H. L., Schmehl, J. L., & Dratch, R. J. (1990). Bacteriocidal effectiveness of modulated UV light. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 3888–3889.
- ❖ Bokhari, N. A., Siddiqui, I., Siddique, K. P. I., Rizwana, H., & Soliman, D. A. W. (2013). Management of anthracnose of banana by UV irradiation. *JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(4), 1211-1214.
- ❖ Cacace, D., Palmieri, L., (2014). “High intensity pulsed light technology”. *In Emerging technologies for food processing*. Edited by: Sun, D. W. 183–217. San Diego, CA: Elsevier.
- ❖ CODEX. (2000). Comité del CODEX sobre residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos. 2017, de FAO. Recuperado a partir de: ftp://ftp.fao.org/codex/meetings/CCRVDF/CCRVDF12/rv00_06s.pdf
- ❖ FDA. (2016). USA: Code of Federal Regulations Title 21. Recuperado a partir de <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=179.39>
- ❖ Flores del Valle, W. (2013). Manual técnico para el manejo pos-cosecha del plátano. Proyecto Fontagro FTG-7010/2007. CITA. Bioversity International. Recuperado a partir de: http://www.musalac.org/proyectos/fontagro_plat/guiasTecnicasFONTAGRO/ManualTecnicoManejoPoscosechaPlatano.pdf
- ❖ Kamel, MAM, Cortesi P, Saracchi M. (2016). Etiological agents of crown rot of organic bananas in Dominican Republic. *Postharvest Biol Technol* 120: 112–120.

- ❖ Kitinoja, L; Kader, Aa. (2015). Measuring postharvest losses of fresh fruits and vegetables in developing countries. The Postharvest Education Foundation. 26p. (PEF White Paper 15-02).
- ❖ Lassois L, Jijakli MH, Chillet M, de Lapeyre de Bellaire L (2010) Crown rot of bananas: preharvest factors involved in postharvest disease development and integrated control methods. *Plant Dis* 94: 648–658.
- ❖ Lassois, L., Frettinger, P., de Lapeyre de Bellaire, L., Lepoivre, P., & Jijakli, H. (2011). Identification of Genes Involved in the Response of Banana to Crown Rot Disease. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 24(1), 143-153.
- ❖ Lassois, L., Bastiaanse, H., Chillet, M., Jullien, A., Jijakli, H., and de Lapeyre de Bellaire, L. (2010). Hand position on the bunch and sourcesink ratio influence the level of banana fruit susceptibility to crown rot disease. *Ann. Appl. Biol.* 156:221-229.
- ❖ Marin, D. (1997). Sensibilidad a Thiabendazole de hongos asociados a pudrición de corona en banano. Informe anual 1996 CORBANA. Dirección de Investigaciones y Servicios Agrícolas. Costa Rica, San José, p. 69.
- ❖ Molnár O, Bartók T, Szécsi Á (2015) Occurrence of *Fusarium verticillioides* and *Fusarium musae* on banana fruits marketed in Hungary. *Acta Microbiol Immunol Hung* 62: 109–119. doi: 10.1556/030.62.2015.2.2 [PubMed].
- ❖ ProEcuador. (2016). Ecuador: Principales productos de la oferta exportable de Ecuador. Recuperado a partir de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/principales-productos-de-la-oferta-exportable-de-ecuador/>
- ❖ Siddiqui, A., Dawar, S. H. A. H. N. A. Z., Zaki, M. J., & Hamid, N. (2011). Role of ultra violet (UV-C) radiation in the control of root infecting fungi on groundnut and mung bean. *Pak. J. Bot*, 43(4), 2221-2224.
- ❖ Syamaladevi, R. M., Adhikari, A., Lupien, S. L., Dugan, F., Bhunia, K., Dhingra, A., & Sablani, S. S. (2015). Ultraviolet-C light inactivation of *Penicillium expansum* on fruit surfaces. *Food Control*, 50, 297-303.
- ❖ Villalta R., Sample M., Shields D., Guzmán M. (2006). Evaluación de fungicidas y mezclas de fungicidas para el combate de enfermedades poscosecha del banano (*Musa AAA*). *Corbana* 32(59):17-33.

APÉNDICES

APÉNDICE A
LEGISLACIONES

A.1 Regulación de fuentes de radiación

TÍTULO 21 - ALIMENTOS Y DROGAS

CAPÍTULO I - ADMINISTRACIÓN DE ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS HUMANOS

SUBCAPÍTULO B - ALIMENTOS PARA EL CONSUMO HUMANO
(CONTINUACIÓN)

PARTE 179 - IRRADIACIÓN EN LA PRODUCCIÓN, PROCESAMIENTO Y
MANEJO DE ALIMENTOS

Subparte B - Fuentes de radiación y radiación

Segundo. 179.39 Radiación ultravioleta para el procesamiento y el tratamiento de alimentos.

La radiación ultravioleta para el procesamiento y el tratamiento de alimentos puede utilizarse de manera segura bajo las siguientes condiciones:

(A) Las fuentes de radiación consisten en lámparas de mercurio de baja presión que emiten el 90 por ciento de la emisión a una longitud de onda de 253,7 nanómetros (2,537 Angstroms).

A.2 Normas de calidad para banano

REGLAMENTO (CE) N ° 2257/94 DE LA COMISIÓN de 16 de septiembre de 1994 por el que se establecen normas de calidad para los plátanos (Texto pertinente a efectos del EEE).

ANEXO I

NORMAS DE CALIDAD PARA EL BANANO I. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

La presente norma se aplicará a los plátanos de las variedades (cultivares) de los subgrupos Musa (AAA), Cavendish y Gros Michel, que figuran en el anexo II, para su suministro al consumidor después de la preparación y el envasado. Los plátanos, los plátanos destinados a la elaboración industrial y los plátanos de higos no están cubiertos.

II. CALIDAD

Esta norma define los requisitos de calidad que deben cumplir los plátanos verdes sin madurar después de la preparación y el envasado.

A. Requisitos mínimos

En todas las categorías, con sujeción a las disposiciones especiales para cada clase ya las tolerancias permitidas, los plátanos deberán ser:

- verde y sin madurar,
- intacto,
- firma,
- sonar; Se excluyen los productos afectados por pudrición o deterioro que los hagan impropios para el consumo,
- limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles,
- prácticamente exento de plagas,
- prácticamente exento de daños causados por plagas,
- con el tallo intacto, sin doblar, daño por hongos o desecación,
- con los pistils quitados,
- libre de malformación o curvatura anormal de los dedos,
- prácticamente exento de moretones,
- prácticamente exento de daños debidos a bajas temperaturas,
- libre de humedad externa anormal,
- libre de olor y / o sabor extraño.

Además, las manos y los racimos (partes de las manos) deben incluir:

- una porción suficiente de corona de coloración normal, sonora y libre de contaminación fúngica,
- una corona limpia, no biselada o rasgada, sin fragmentos de tallo.

El desarrollo físico y la madurez de los plátanos deben ser tales que les permitan:

- soportar el transporte y la manipulación, y
- llegar en condiciones satisfactorias al lugar de destino para alcanzar un grado de madurez adecuado después de la maduración

A.3 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores ante la exposición a la radiación ultravioleta.

REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO.

Art. 61. RADIACIONES ULTRAVIOLETAS.

1. Señalización del riesgo e instrucción a los trabajadores.

En los lugares de trabajo donde se efectúen operaciones que originen radiaciones ultravioletas, se señalará convenientemente la existencia de este riesgo. Los trabajadores a él sometidos serán especialmente instruidos en forma verbal y escrita sobre el peligro y las medidas de protección.

2. Apantallamiento de la fuente de radiación

En las operaciones en que se produzcan emisiones de radiación ultravioleta se tomarán las precauciones necesarias para evitar su difusión, mediante la colocación de pantallas absorbentes o reflectantes, entre la fuente de emisión y/o los puestos de trabajo.

La superficie de la fuente emisora de radiaciones ultravioletas se limitará al mínimo indispensable.

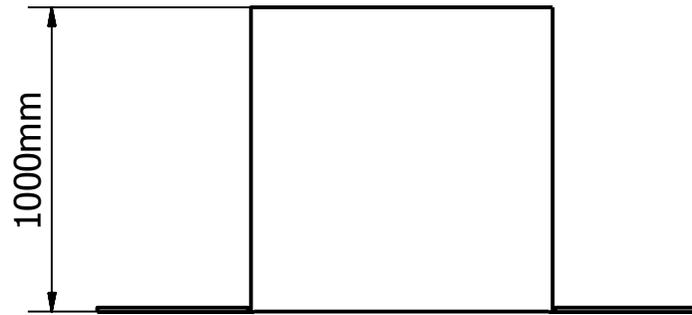
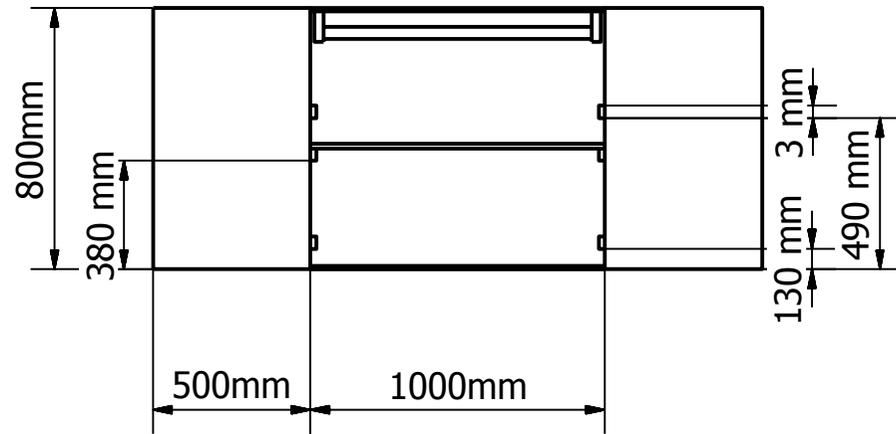
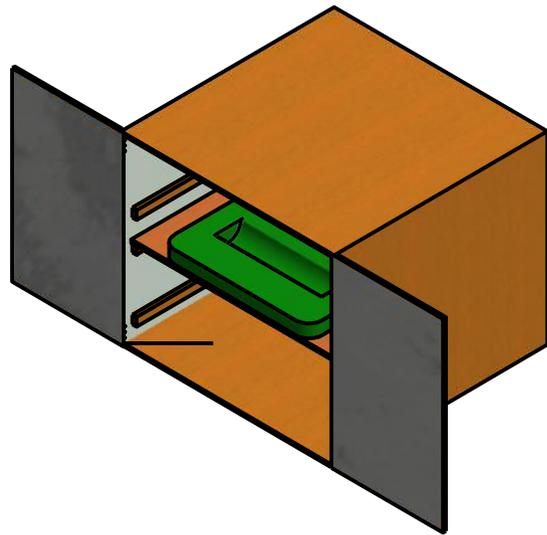
3. (Reformado por el Art. 41 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Soldadura al arco eléctrico

Se efectuará en compartimientos o cabinas individuales o en su defecto siempre que sea posible se colocarán pantallas móviles incombustibles alrededor de cada puesto de trabajo.

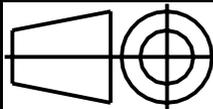
4. Protección personal

Se dotará a los trabajadores expuestos a radiaciones ultravioletas de gafas o pantallas protectoras con cristales absorbentes de radiaciones, y de guantes y cremas aislantes para proteger las partes que quedan al descubierto.

APÉNDICE B
PLANOS ESQUEMÁTICO



DISEÑO DE CÁMARA DE LUZ UV-C PROTOTIPO PARA EL MANEJO DE PUDRICIÓN DE CORONA EN FRUTOS DE EXPORTACIÓN DE BANANO



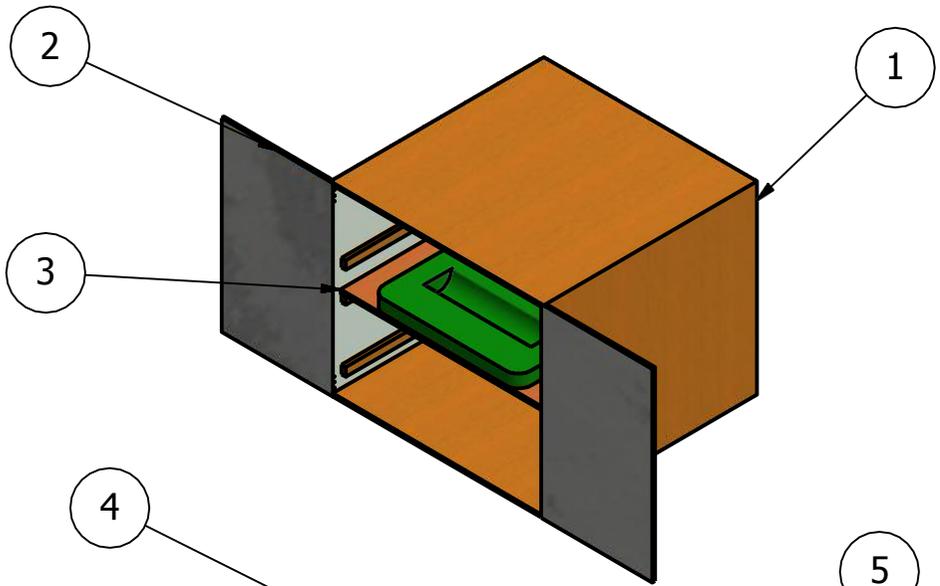
Dibujado por:	Ulloa Estefanía	Pacheco Michelle
Aprobado por:	Ing. Priscila Castillo	PhD. María Jiménez
Fecha:	10/07/2017	

ESPOL

Escala:
1:25

VISTA DETALLADA

No.
3



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Cuerpo de caja
2	2	Puerta
3	1	Soporte de Bandeja
4	4	Lámpara UV-C
5	1	Bandeja de banano
6	6	Soporte de madera
7	3	Espejos

DISEÑO DE CÁMARA DE TRATAMIENTO DE LUZ UV-C PROTOTIPO PARA EL MANEJO DE PUDRICIÓN DE CORONA EN FRUTOS DE EXPORTACIÓN DE BANANO

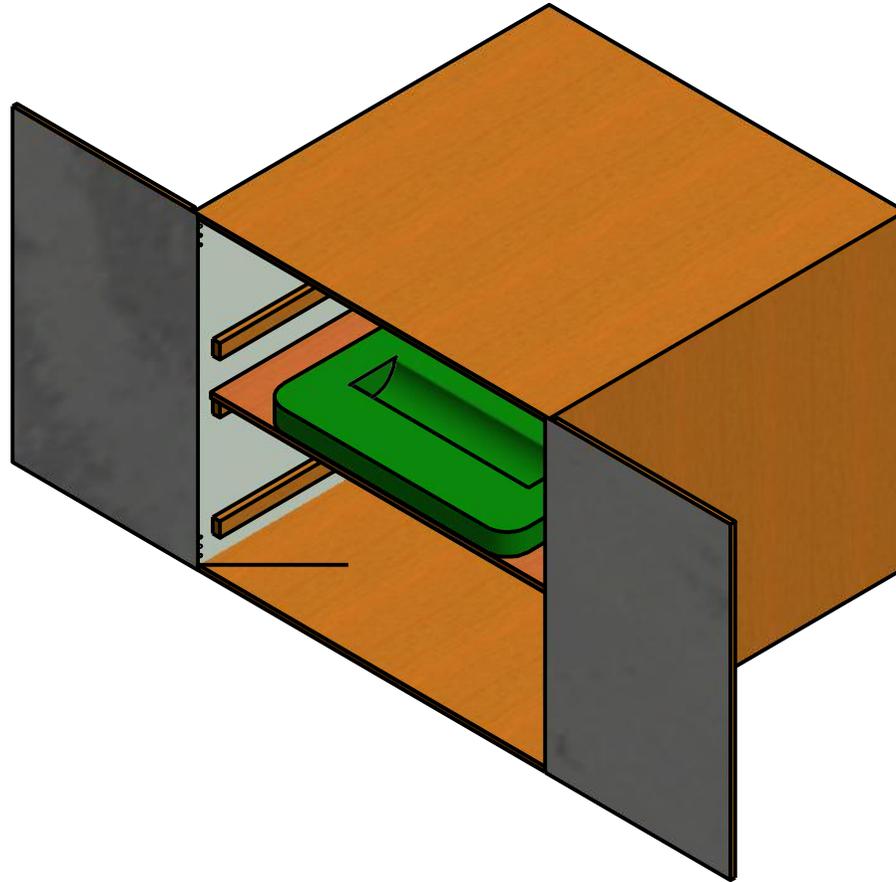
	Dibujado por:	Ulloa Estefanía	Pacheco Michelle
	Aprobado por:	Ing. Priscila Castillo	PhD. María Jiménez
	Fecha:	10/07/2017	

ESPOL

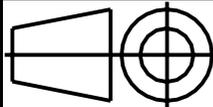
Escala:
1:25

VISTA DETALLADA

No.
2



DISEÑO DE CÁMARA DE TRATAMIENTO DE LUZ UV-C PROTOTIPO PARA EL MANEJO DE PUDRICIÓN DE CORONA EN FRUTOS DE EXPORTACIÓN DE BANANO



Dibujado por:	Ulloa Estefanía	Pacheco Michelle
Aprobado por:	Ing. Priscila Castillo	PhD. María Jiménez
Fecha:	10/07/2017	

ESPOL

Escala:
1:15

VISTA GENERAL

No.
1

APÉNDICE C
ÍNDICE DE VALORACIÓN

ESCALA DE FROSSARD
(Tomado de la Unidad Fruit Corp.)

