



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

CAMPUS IZTACALA

"PROTOTIPO DE PLANIMETRO FOTOELÉCTRICO"
(Sistema para la Medición del Área Foliar)

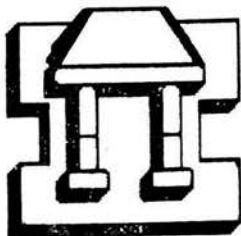
BO 1297/97

g. 2

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
MARIO CHAVEZ MONTOYA

ASESOR: FÍSICO. SAMUEL MERAZ MARTÍNEZ.



MEXICO, D. F.,

FEBRERO 11 DE 1997.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



El presente trabajo de tesis fue realizado en el Laboratorio de Física de la Carrera de Biología de la “Universidad Nacional Autónoma de México” Campus Iztacala. Bajo la dirección del Físico Samuel Meraz Martínez, a quien agradezco profundamente el apoyo brindado.





AGRADECIMIENTOS

- **En primer lugar deseo agradecer infinitamente a dos grandes personas que me han dado, entre otras muchas buenas cosas, amor, ternura, comprensión, valores y un apoyo incondicional no sólo en mi formación profesional, sino a lo largo de toda mi vida; pero sobre todo quiero agradecerles por ser mis padres:**
Sra. Julia Montoya Venegas.
Sr. Manuel Chávez Bocanegra.
- **Un reconocimiento especial con muchísimo cariño a mi segunda mamá Teresa Chávez Montoya y a su negrita Didy Saldaña Chávez.**
- **A la Dra. Lulys con todo mi amor, por darme la fuerza para luchar por un ideal y por darme tanta pero tanta lata para que llevara a buen término esta tesis. Gracias María de Lourdes Hernández Saldaña.**
- **A toda mi enorme gran familia, por que el haber crecido dentro de ella me ha enseñado el significado del amor.**
Pedro Chávez Montoya, Martha N., Gabriela y Alejandra.
Alicia Chávez Montoya, Edmundo Obregón Tovar, Mundito y Alejandrito.
Martha Chávez Montoya., Ady y Dany.
María del Rocío Araceli Chávez Montoya, Manuel C. y Melissa.
Elsa Laura Chávez Montoya.
Sonia Elizabeth Chávez Montoya.
Y al más pequeño de mis hijos Juan Manuel Chávez Montoya.
- **A Raymundo Miranda Montoya por dedicarme mucho de su tiempo para la realización de los planos de esta tesis.**





CONTENIDO

INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	5
- Análisis de Crecimiento	5
- El Area Foliar	7
- Métodos de Estimación del Area Foliar	9
a).- Delineación de la hoja sobre papel gráfico.	
b).- Método gravimétrico.	
c).- Intercepción de la luz.	
d).- Relación entre las medidas lineales y el área foliar.	
e).- Integrador de área foliar.	
OBJETIVOS	12
MATERIAL Y METODO	13
- Revisión bibliográfica.	
- Investigación de materiales.	
- Diseño.	
- Construcción.	
- Pruebas de precisión y manejo.	
RESULTADOS	16
I Descripción del Prototipo.	16
a).- Componentes principales.	
b).- Características del diseño.	
c).- Componentes estructurales.	
d).- Acabados finales.	
e).- Sistema eléctrico y electrónico.	





II	Consideraciones de Trabajo.	21
	a).- Ambiente de trabajo.	
	b).- Requisitos de trabajo.	
III	Funcionamiento y Operación.	22
	a).- Funcionamiento.	
	b).- Instrucciones generales de operación.	
IV	Pruebas de Precisión y Manejo.	26
	1.- Prototipo de planímetro fotoeléctrico.	
	2.- Método gravimétrico.	
	3.- Integrador de área foliar.	
V	Análisis de Costos.	33
	1.- Gastos directos.	
	a).- Costos de material empleado.	
	b).- Costos de mano de obra.	
	2.- Precio estimado de venta.	
	DISCUSION	37
	CONCLUSION	41
	BIBLIOGRAFIA	42
	ANEXOS	45
	ANALISIS ESTADISTICO.	
	PLANO 1 Despiece Estructural del Planímetro Fotoeléctrico.	
	PLANO 2 Arreglo General del Planímetro Fotoeléctrico.	
	PLANO 3 Corte Transversal de la Unidad Detectora.	
	PLANO 4 Detalle de Componentes Principales del Planímetro Fotoeléctrico.	
	PLANO 5 Despiece Estructural de la Unidad Detectora.	
	PLANO 6 Instalación Eléctrica y Electrónica.	





INTRODUCCION

En la actualidad las empresas pequeñas y medianas del mundo industrializado se distinguen de las de los países en desarrollo en que las primeras siempre están en constante innovación tecnológica de acuerdo con los requerimientos de la economía moderna. En contraste, en nuestro país la innovación tecnológica se desarrolla sólo en excepciones, pues la tendencia general en este caso, es la subsistencia articulada con la economía popular (6).

Dentro de su estrategia de modernización, México presentó un patrón de industrialización de 1940 a 1970 basado en la importación de tecnología para la producción de bienes de consumo. Las industrias creadas en aquella etapa constituyen casi la totalidad del parque industrial del México actual y operan con maquinaria, procesos, materias primas y diseños de productos mayoritariamente importados, los cuales están rezagados en productividad, calidad o precio con respecto a los de otros países (14).

De esta manera, México hoy en día no es autosuficiente en la generación de equipo científico, siendo ésta una de las ramas que sufre un fuerte impacto por la importación de tecnología, lo que se puede constatar a través de los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), en relación a las importaciones y exportaciones que nuestro país ha realizado en los últimos años.

Según el INEGI las importaciones de equipo profesional y científico se han incrementado de 317.3 millones de dólares en 1987 a 1251.6 millones de dólares en 1993, lo que significa una tasa de crecimiento del 74.64% en tan sólo siete años. Dentro de esta categoría, pero sólo para aparatos e instrumentos para medida y análisis, se observó que en 1987 se importaron 202.1 millones de dólares, cifra que aumentó a 654.4 millones de dólares en 1993.





Por el contrario, las exportaciones de equipo profesional y científico, generaron ventas netas por 29.4 millones de dólares en 1990, en comparación con 32.0 millones de dólares en 1987, lo que representa un descenso del 8.1% en dicho período. De igual manera las exportaciones de instrumentos científicos de precisión tuvieron un descenso del 16.82% para el mismo período (8, 10). Sólo cabría aclarar que no se incluyeron aquí datos más recientes dado que a partir de 1991 se consideran en este apartado a las maquiladoras. Así, se puede ver que las importaciones de equipo científico tienen una tendencia muy clara a aumentar, mientras que las exportaciones disminuyen drásticamente. Por ello es necesario que la industria mexicana emprenda tareas de desarrollo tecnológico encaminadas a reducir las importaciones. Para conseguir esto, la industria tendrá que apoyarse en las empresas de consultoría y diseño que prestarán toda la gama de servicios técnicos, y sobre todo en los centros nacionales de investigación y de educación superior, los cuales deberán generar nuevos conocimientos y formar cuadros de máximo nivel en cada especialidad de la ciencia y la técnica (14).

El CONACYT estima que las actividades de desarrollo tecnológico en México deberán crecer a tasas anuales mayores al 20% sostenidas durante 25 años para alcanzar la modernización plena del aparato productivo sin excesiva dependencia externa (14).

En la UNAM Campus Iztacala, particularmente en la carrera de Biología, se requiere de una gran infraestructura técnica como soporte de las actividades didácticas que ahí se desarrollan. De aquí surge la necesidad de diseñar un prototipo para la medición del área foliar, el cual sería de gran utilidad en investigaciones referentes al análisis de crecimiento vegetal, permitiendo así que tanto investigadores, pero sobre todo alumnos de licenciatura tengan acceso a equipo científico adecuado (12, 13, 15, 16).





ANTECEDENTES

El planímetro fotoeléctrico surge a mediados del presente siglo como un auxiliar muy importante para el análisis del crecimiento vegetal. La importancia de éste radica básicamente en que es un método muy práctico para la estimación de las dimensiones del aparato asimilatorio o área foliar. El área foliar se considera como uno de los valores primarios en los cuales se basa el análisis de crecimiento. Se puede usar para investigar tanto procesos fisiológicos básicos como investigaciones ecológicas y agronómicas.

Análisis de Crecimiento

El análisis del crecimiento vegetal se ha realizado durante años, a tal grado que ha llegado a establecerse como un método estándar de estimación de la producción fotosintética neta de plantas. No obstante el gran avance en la materia, se siguen desarrollando nuevas técnicas, especialmente matemáticas, métodos indirectos para estimar los valores primarios en los que se basa el análisis de crecimiento y el análisis de la estructura del dosel (18).

Los valores primarios en los que se basa el análisis de crecimiento son usualmente el peso seco de las plantas completas y/o de sus partes (tallos, hojas, botones, etc.) y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área del tallo, contenido de clorofila, etc.). Estos valores se miden a ciertos intervalos de tiempo y a partir de ellos se calculan varios índices y características que describen el crecimiento de las plantas y de sus partes, así como la relación entre el aparato asimilatorio y la producción de materia seca. Estos índices y su cálculo correcto así como su interpretación son el núcleo del análisis de crecimiento. A continuación se mencionan algunos de los principales índices así como su propósito principal (ver tabla 1).





INDICE	PROPOSITO
Indice de Area Foliar (IAF)	<ul style="list-style-type: none">El IAF es el Area Foliar por unidad de superficie (m^2/m^2), por lo tanto no tiene unidades. La importancia de medir el IAF radica en que la producción de materia seca depende en gran parte del IAF.
Tasa de Asimilación Neta (TAN)	<ul style="list-style-type: none">La acumulación de materia seca de la planta es un índice para estimar indirectamente la velocidad de la fotosíntesis, incluyendo las pérdidas ocasionadas por la respiración, por lo tanto estima la fotosíntesis aparente (fotosíntesis aparente = fotosíntesis real - respiración). La TAN equivale al aumento en peso seco de la planta por unidad de AF por unidad de tiempo ($g \cdot m^{-2} \cdot día^{-1}$).
Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)	<ul style="list-style-type: none">La tasa de crecimiento relativo mide la eficiencia media de la producción de materia seca. Se calcula de la siguiente manera: $TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \quad (g \cdot día^{-1})$donde W_1 y W_2 son los pesos secos totales a los tiempos t_1 y t_2 (Causton y Venus, 1981).
Area Foliar Específica (AFe)	<ul style="list-style-type: none">El área foliar específica indica el grado de esclerosis de la hoja. Un AFe alta indica hojas delgadas de área relativamente grande, mientras que un AFe baja indica hojas gruesas de área relativamente pequeña. Se calcula de la siguiente manera: $Afe = \frac{Lw}{W} \cdot \frac{AF}{Lw}$Donde Lw es el peso seco de las hojas; AF representa el área foliar total, W es el peso seco total; Lw/W es la proporción del peso seco foliar y muestra que proporción del total de asimilados es retenido por el follaje; y AF/Lw es la proporción de AF con respecto al peso seco foliar, sus unidades son $m^2 \cdot g^{-1}$.
Duración del Area Foliar (D)	<ul style="list-style-type: none">La duración del área foliar es una medida de la persistencia de la superficie de asimilación. No hay un valor instantáneo y normalmente se calcula de una relación entre IAF y tiempo. Como este es el producto de una unidad adimensional y de tiempo, las unidades de D son tiempo (generalmente expresado en días).

Tabla 1.- Ejemplos de algunos índices de crecimiento vegetal y su propósito principal.





En el análisis de crecimiento clásico, la obtención de los valores primarios implica el muestreo destructivo; principal desventaja de este análisis ya que es imposible seguir a la misma planta durante todo el experimento. Por lo tanto, son muy importantes el diseño estadístico correcto y las observaciones y experimentos analíticos para evaluar el crecimiento (7, 18).

Además del propósito fundamental del análisis de crecimiento, también se utiliza este para investigar fenómenos ecológicos, tales como la sucesión de especies en varios hábitats, o la competencia entre especies o diferencias genéticas en la capacidad de producción, y efectos de tratamiento agrícolas sobre el crecimiento de cultivos, etc. En general todas las aplicaciones del análisis de crecimiento pueden utilizarse para investigar uno o ambos de los siguiente puntos:

- a) La dependencia de la capacidad productiva de un genotipo vegetal sobre factores internos, por ejemplo investigaciones comparativas de la producción y crecimiento entre variedades, especies, poblaciones o comunidades; esto cubre las diferencias genotípicas y fenotípicas (3, 18).
- b) Producción y crecimiento afectados por factores ambientales; por ejemplo: en investigaciones ecológicas y agronómicas, acerca de la influencia del clima, tiempo y factores edáficos, sobre la tasa de producción de materia seca y sus componentes (3, 18).

Los factores internos que afectan las características de crecimiento están usualmente relacionados con procesos fisiológicos básicos tales como la fotosíntesis, respiración y transporte de asimilados, metabolitos del nitrógeno, procesos morfogénicos, etc. (3).

El Area Foliar

Las hojas son los productores fotosintéticos más importantes (la intercepción de luz por estos órganos depende principalmente del área foliar disponible), y el hecho de que una planta cuente con más superficie para captar la luz podría traducirse en una mayor capacidad de producir compuestos de carbono y por lo tanto esa planta tendría más probabilidades de crecer mejor, sobretodo si las condiciones del medio no son limitantes.





El área de las hojas es una medida que ayuda a determinar la inversión de la planta. Para un nivel de luz ambiental dado, la cantidad de luz interceptada es directamente proporcional al área foliar de la planta (4).

El cálculo de algunos índices utilizados en el análisis de crecimiento requieren conocer el tamaño del aparato asimilatorio, que por lo general se mide en términos de área foliar el cual se define como el área de superficie asimilatoria por planta, por lote de plantas o por unidad de área de terreno. El área de otros órganos (por ejemplo: peciolos, brácteas foliares) deberán sumarse al área foliar sólo si estos órganos contribuyen substancialmente a la fotosíntesis total de la planta. Sin embargo, las comparaciones entre diferentes tipos de plantas, se facilitaría si los valores de área foliar y de otros órganos asimilatorios se indicara por separado.

El área foliar deberá medirse tan pronto como sea posible después del muestreo, si no fuera así las hojas se mantendrán húmedas para evitar encogimiento o enrollamiento. La superficie foliar es raramente plana del todo, y dado que la mayoría de las técnicas para la medirla son planimétricas, las hojas tienen que ser aplanadas antes de ser medidas. Comúnmente se aplanan metiendo las hojas entre dos placas de vidrio u otro material transparente. Algunas hojas deben ser cortadas en piezas, y cada pieza debe ser aplanada separadamente. Ciertos tipos de hojas no pueden ser aplanadas del todo (ejemplos: las agujas de las coníferas, las hojas trifaciales de muchas ericáceas, las hojas de las suculentas), en este caso, el investigador debe calcular la superficie como si se tratara de un cuerpo geométrico o midiendo solamente el área proyectada (18).

Para estudiar la distribución del área foliar en la altura se cortan varios estratos del dosel. En la vegetación con una base alta del dosel, como la mayoría de árboles frutales y forestales, resulta más simple cortar los estratos de hojas de la base hacia arriba, mientras que en la mayoría de las comunidades herbáceas es más fácil cortar de la cima hacia abajo.





En muchas instancias, el término "área foliar" denota sólo la mitad de la superficie total de la hoja, asumiendo que la hoja recibe luz principalmente de una dirección. En otros casos, como por ejemplo con hojas rectas monofaciales y/o amfiestomáticas, el tomar el área total de la superficie de la hoja podría ser más justificado. Por lo que podemos establecer que "el área foliar superficial", por lo general, se refiere solo al área del haz de la hoja, mientras que el área foliar proyectada se mide después de colocar una hoja en una superficie plana. En hojas suculentas, hojas aciculares, y tallos fotosintéticos, el área del haz excederá al área proyectable.

Métodos de Estimación del Area Foliar

Diversos principios han sido aplicados para la determinación del área foliar y se han desarrollado una gran variedad de métodos. El escoger el método para una investigación dependerá del propósito principal de la medida, es decir, se deberá considerar, si debe ser destructivo o no, la precisión requerida, el tamaño de la muestra, la morfología de las hojas y el equipo técnico disponible, además de la cantidad de trabajo y tiempo disponible.

A) Delineación de la hoja sobre papel gráfico

La hoja es puesta sobre papel gráfico o sobre una rejilla y luego el contorno de la hoja es delineado. El área se obtiene contando los cuadros dentro del contorno (Goodall 1947, Winter et al, 1956). En una modificación de este método para estudios en el campo, se cuadrícula una pieza de acrílico transparente (cuadros de 1 cm²), luego esta se pone sobre la hoja, los cuadros bloqueados por la hoja son contados (Vyuyan y Evans, 1932). La precisión de este método depende de la forma de la hoja y de la experiencia del usuario; para hojas muy divididas o compuestas el método no es práctico (3,18).





B) Método Gravimétrico

El contorno de la hoja es trazado sobre un papel con distribución de peso uniforme con respecto al área; o también se le puede tomar una impresión a la hoja (una fotocopia por ejemplo). La forma de la hoja es cortada del papel y pesada. El área foliar se calcula a partir de la relación del peso del área problema contra el peso de un área conocida, mediante una curva de calibración de área (Rock y Bolas, 1956). El cortar las formas de las hojas puede ser una labor muy tediosa, además de llevarse mucho tiempo. Esto se puede facilitar si se traza la forma de las hojas sobre papel con ácido sulfúrico al 5% usando una pluma de vidrio, después se calienta levemente, el ácido sulfúrico se concentra, ataca al papel y la copia se desprende fácilmente (3,18).

C) Intercepción de la Luz

Los métodos basados en la intercepción de la luz son aquellos comúnmente usados para medir directamente el área foliar. Los instrumentos empleados son llamados planímetros fotoeléctricos. El principio sobre el que están basados es el siguiente: la fotocelda recibe una cantidad de luz constante produciendo a su vez una corriente constante, si interferimos el paso de la luz con alguna lámina (hoja) se producirá una variación que será proporcional al área de la misma. El detector es usualmente una célula fotovoltaica cuya corriente de salida puede ser medida directamente o contra una corriente de salida constante de una fotocelda de referencia bajo iluminación constante (18).

D) Relación entre las Medidas Lineales y el Area Foliar

La estimación del área foliar a partir de mediciones lineales es posible casi siempre sin la destrucción de las hojas. Las características medidas de las hojas usadas con mayor frecuencia y relacionadas al área foliar (A) son el largo de la hoja (L) y el ancho de la hoja (B), ya sea el ancho máximo, o el ancho de una fracción específica (1/2, 2/3, etc.). El método puede ser aplicado a hojas de varias formas en donde las medidas lineales se puedan tomar (3).



La fórmula general de relación $A = b.LB$ se ha encontrado satisfactoria, donde b es un coeficiente el cual tiene que ser revisado continuamente, de manera especial cuando hay cambios en la forma de la hoja con respecto a la posición en la planta y la edad de esta.

En la tabla 2 se muestran los valores del coeficiente (b) propuesto para algunos cultivos (18).

Especie	Coficiente (b)
Cebada	0.64
Trigo	0.65
Arroz	0.66
Maíz	0.71 - 0.81
Gramíneas en general	0.66
Girasol	0.61 - 0.76
Tabaco	0.61 - 0.76
Algodón	0.69

Tabla 2. Ejemplos de coeficientes b usados para convertir el producto del largo de la hoja (L) y el máximo del ancho (B) en el área foliar (A) por $A=b.LB$ en varias especies.

E) Integradores de Area Foliar

En la actualidad existen integradores de área muy avanzados tecnológicamente. Uno de ellos es el Medidor de Area Delta-T el cual describiremos a continuación, ya que contra este método se probó nuestro prototipo. El sistema de estos, trabaja de la siguiente manera: una cámara de televisión enfoca los objetos a ser medidos, los cuales son iluminados a contraste con su fondo. Un dispositivo integrador de áreas, suma los períodos durante los cuales línea por línea la cámara explora transversalmente el objeto. Esta suma es una medida de área y puede fácilmente ser ajustada, usando objetos de área conocida para su calibración. La señal de la cámara de televisión se muestra en un monitor junto con una imagen superpuesta del área que está midiendo. Un dispositivo digital de la pantalla del monitor muestra el área de los objetos en pantalla, el número de medidas hechas y el área total. El sistema puede medir el área de todas las formas y tamaños de hojas. Puede también trabajar con un microscopio para medir objetos minúsculos, además de medir el área enferma de una hoja siempre y cuando se ofrezca un buen contraste con el resto de la hoja.





OBJETIVOS

Diseñar y construir un sistema adecuado para la medición del Area Foliar que sea útil y sobre todo eficiente en las labores de docencia e investigación a nivel superior, para lo cual deberá cumplir con las siguientes condiciones:

Alcanzar una precisión aceptable en las mediciones que se hagan con tal sistema y que sea competitivo con otras técnicas usadas para el mismo fin.

El valor total de construcción deberá ser considerado económicamente viable principalmente en su relación costo-beneficio.

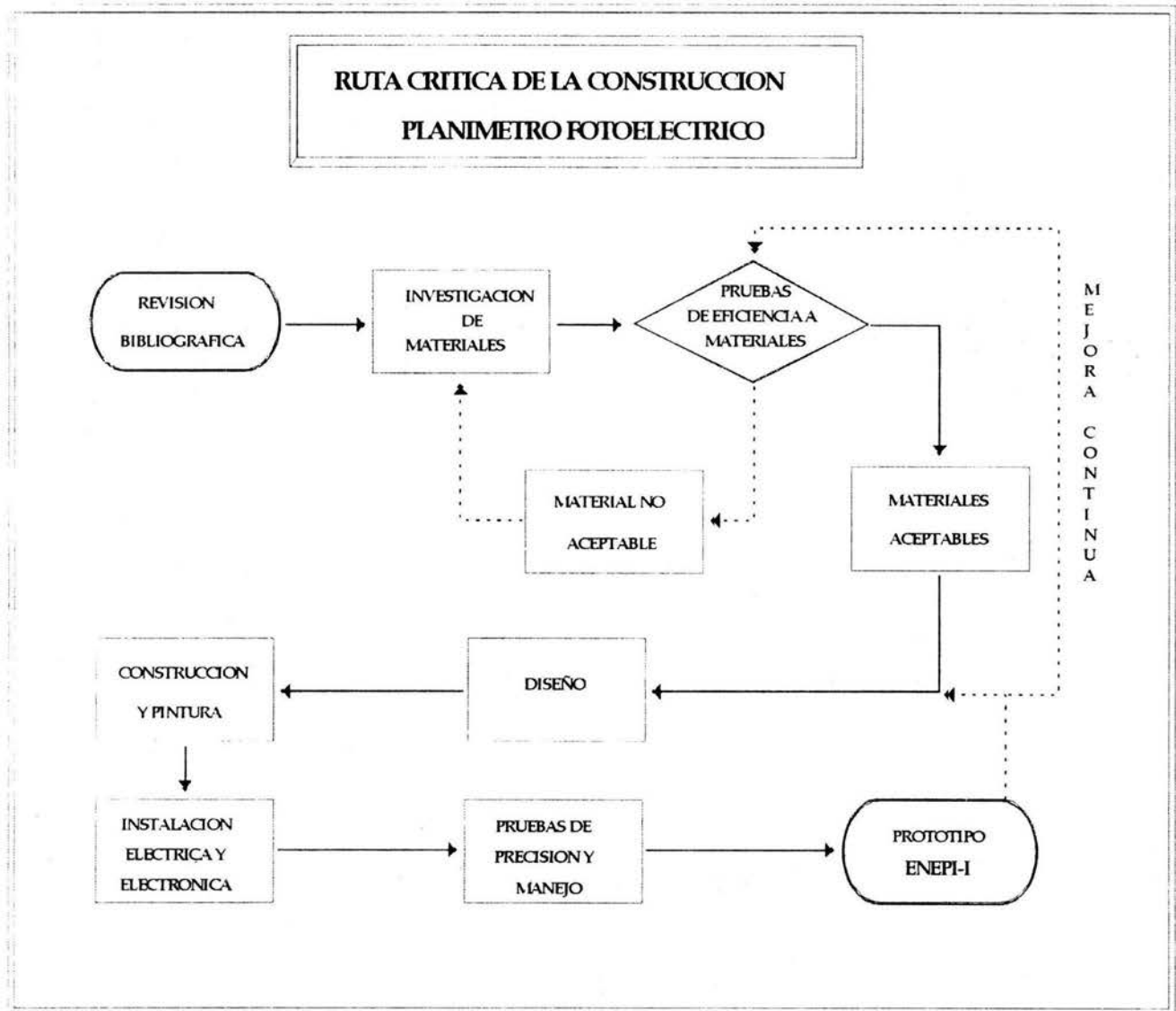
Los componentes principales que lo integran tendrán que ser de fácil adquisición en el mercado nacional.





MATERIAL Y METODO

La metodología usada para la construcción del prototipo del planímetro fotoeléctrico se presenta en el siguiente diagrama de flujo, en donde se plantea desde la revisión bibliográfica hasta las pruebas finales de eficiencia.



A continuación se dará una breve explicación de cada una de las etapas de la metodología usada para la construcción del Planímetro Fotoeléctrico:





REVISION BIBLIOGRAFICA.

De la revisión bibliográfica realizada acerca del Area Foliar y métodos para estimarla se determinó que el método más adecuado para la construcción de nuestro sistema sería el propuesto por Miller, Shedbolt y Holm (1956); método basado en la intercepción de la luz.

En la figura 1 se muestra un diagrama del sistema propuesto.

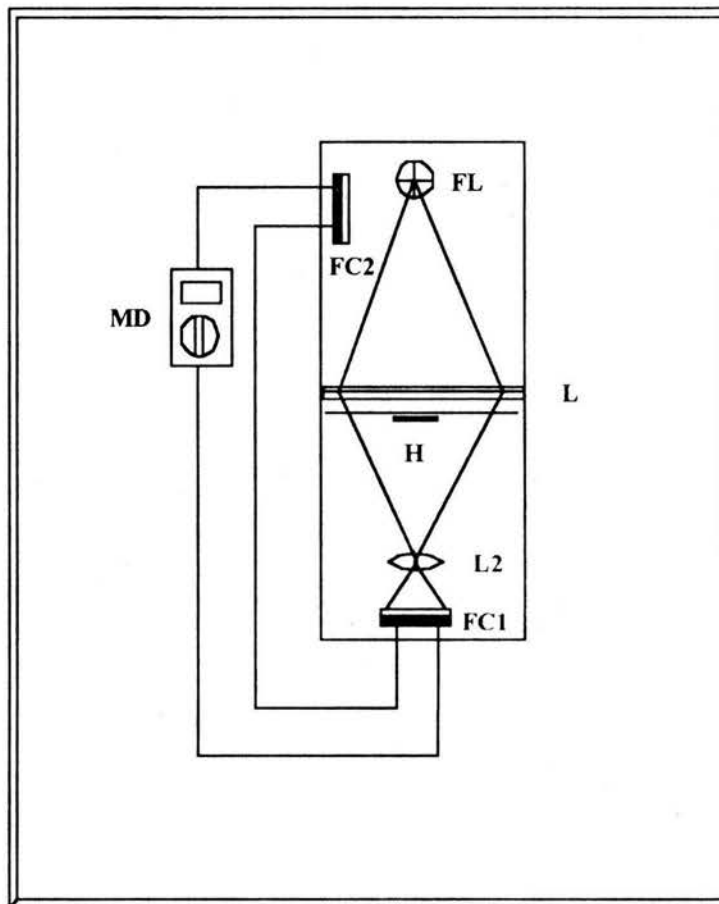


Fig 1.- Diagrama del sistema propuesto por Miller, Shedbolt y Holm (1956); Componentes: FL Fuente de luz, L1 Lente colimador, H hoja, L2 Lente condensador, FC1 Focelda de lectura, MD Multímetro, FC2 Focelda de referencia.





INVESTIGACION DE MATERIALES.

Después de haber probado una gran variedad de materiales se optó por usar aquellos que cumplieran mejor con los requerimientos de los componentes principales del método propuesto. Dentro de los componentes que se probaron estuvieron fuentes de luz, fotoceldas, lupas y multímetros, básicamente.

DISEÑO

Para el diseño de nuestro prototipo nos basamos tanto en el modelo propuesto del planímetro fotoeléctrico de Miller, Shedbold y Holm (1956), como en los materiales que cumplieron satisfactoriamente con los requisitos del sistema propuesto. A partir de tales consideraciones se adecuó un diseño en donde se hizo uso de los principios de la geometría óptica.

Es importante indicar que se consideró tanto la ergonomía como la adecuación al uso, es decir, se diseñó siempre pensando en el futuro usuario.

CONSTRUCCION.

La construcción de nuestro prototipo se llevó a cabo en el Laboratorio de Física de la Carrera de Biología y en el TELE, ambos de la ENEP Iztacala, UNAM. Las tareas realizadas en el TELE (taller que ofrece servicios de reparación y mantenimiento a equipo e instrumental de laboratorio), fueron básicamente las de corte, doblado, barrenado y soldado de lámina y acrílico para conformar las diversas partes que integran nuestro sistema. Las demás labores como pintura general, instalación eléctrica y electrónica, así como el ensamble de todas las piezas, se realizaron en el Laboratorio de Física.

PRUEBAS DE PRECISION Y MANEJO.

Se estableció el grado de precisión del prototipo mediante la comparación del mismo con los dos métodos más comúnmente utilizados para la determinación del Area Foliar; el Método Gravimétrico y el Integrador de Area Foliar.





RESULTADOS

I.- DESCRIPCION DEL PROTOTIPO

a) Componentes Principales

Los componentes que mejor cumplieron con los requerimientos especificados en el diagrama del sistema propuesto y con los objetivos de este trabajo, se presentan en la tabla 3, así como algunas de sus características particulares y su fuente de obtención.

COMPONENTE	CARACTERISTICAS	FUENTE DE OBTENCION
① <u>FUENTE DE LUZ</u> Lámpara de Halógeno.	<ul style="list-style-type: none"> •De 12 Watts. •Emite un haz de luz concentrado. •Posee espejo concavo como reflector. 	PRODUCTO NACIONAL. Tienda de equipo electrónico.
② <u>LENTE COLIMADOR</u> Fresnel o Lupa Plana.	<ul style="list-style-type: none"> •Distancia focal de 60 cm. •De material plástico. •Tamaño 20 x 27 cm. 	PRODUCTO IMPORTADO. Tienda de equipo electrónico y Papelerías.
③ <u>LENTE CONDENSADOR</u> Lupa de bolsillo.	<ul style="list-style-type: none"> •Distancia focal de 13 cm. •De vidrio. •Diámetro 5 cm. 	PRODUCTO IMPORTADO. Tienda de equipo biomédico.
④ <u>FOTOCELDA</u>	<ul style="list-style-type: none"> •Voltaje = 0.45 V. •Corriente/cm² = 25 mA/cm² •Potencia/cm² = 11.25 mW/cm² •De silicio. 	PRODUCTO NACIONAL. Depto. de Ingeniería Eléctrica. CINVESTAV- IPN.
⑤ <u>MULTIMETRO</u> Marca ER mod MU107B	<ul style="list-style-type: none"> •Digital. •750 V AC. •1000 V DC. •200 mA max. •Batería 9 V. 	PRODUCTO IMPORTADO. Tienda de equipo electrónico.

Tabla 3.- Principales componentes utilizados en la construcción del Planímetro Fotoeléctrico.





b) Características del Diseño.

A partir del método propuesto por Miller, Shedbold y Holm (1956) se diseñó y se construyó el Prototipo del Sistema para la Medición del Área Foliar; en donde se consideraron las características particulares de los componentes principales así como el objetivo general de este proyecto.

Enseguida se mencionan las características que se consideran de mayor relevancia, debido a que le confieren por sí mismas grandes ventajas a este diseño.

- Diseño ergonómico que hace de nuestro prototipo un equipo funcional, es decir, diseñado para que el operador realice la medición en forma confortable, figura 2.

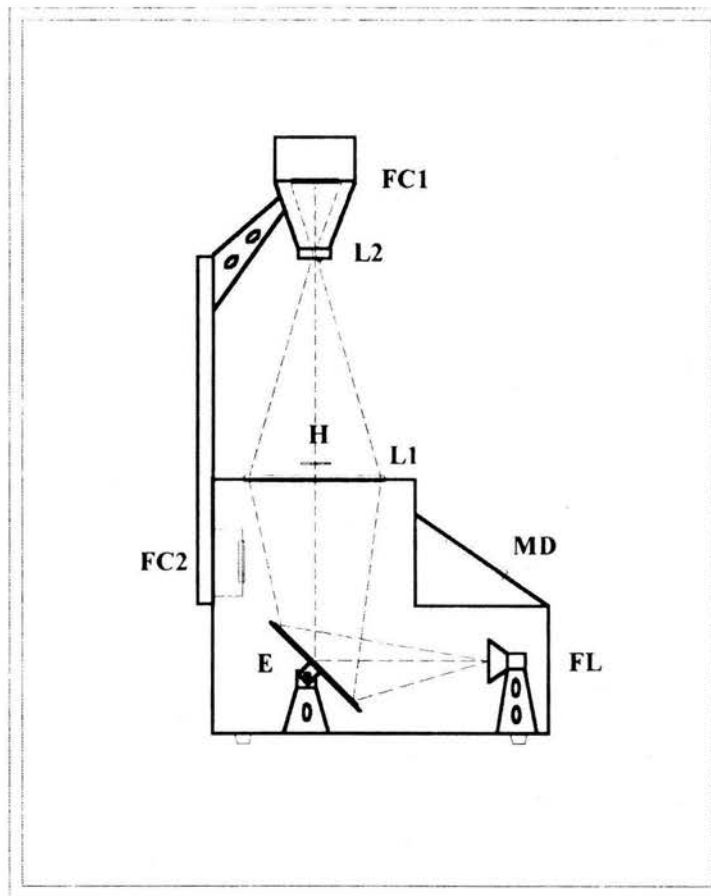


Fig. 2.- Prototipo de Planímetro Fotoeléctrico (Sistema para la medición del área foliar), Componentes: FL Fuente de luz, E Espejo, L1 Lente colimadora, H hoja, L2 Lente condensadora, FC1 Fotocelda de lectura, MD Multimetro, FC2 Fotocelda de referencia.





- Iluminación vertical ascendente, ideal para proyectar contornos, figura 3.
- El equipo óptico del prototipo, lentes y espejos, tienen la ventaja de acortar el rayo luminoso, figura 3.

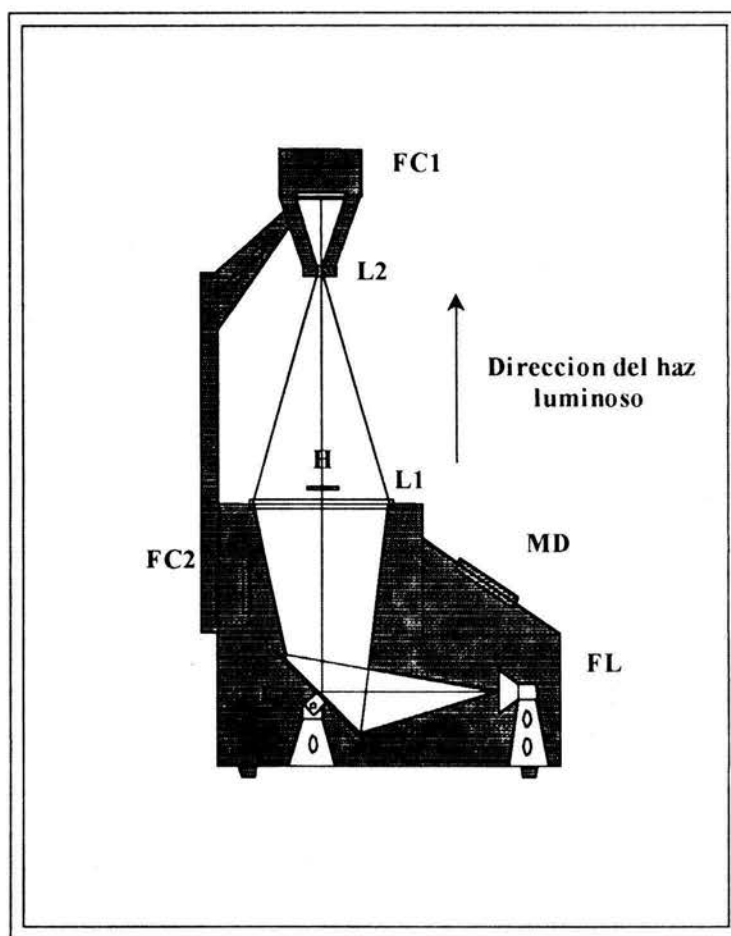


Fig. 3.- Iluminación vertical ascendente, ideal para proyectar contornos. FL Fuente de luz, E Espejo, L1 Lente colimador, H hoja, L2 Lente condensador, FC1 Fotocelda de lectura, MD Multímetro, FC2 Fotocelda de referencia

- Cuenta con un dispositivo que hemos denominado "Porta Muestras", cuya función es mantener extendidas las hojas para su mejor medición.
- Posee "Reductores de Area", los cuales ayudan a medir diferentes tamaños de hojas con una precisión aceptable.





- Contador digital (Multímetro) de fácil lectura, localizado en el panel de control cerca del Area Activa para minimizar el movimiento ocular.
- Fácilmente transportable gracias a su diseño funcional y a su poco peso (14 Kg).

c) Componentes Estructurales

El Sistema para la Medición del Area Foliar, consta básicamente de los componentes citados en la tabla 3. Las medidas específicas de los componentes estructurales así como su exacta ubicación y modo de ensamble se muestran en el plano 1 y 5; de igual manera los detalles específicos de la unidad detectora se presentan en el plano 3.

El principal material utilizado para la construcción del Prototipo del Planímetro Fotoeléctrico fue lámina metálica negra con la que se conformaron la mayoría de las partes estructurales mediante corte, dobléz y soldado; también se utilizaron en menor cantidad tubular cuadrado, tubo redondo de fierro, solera de fierro y acrílico (ver tabla 4).

d).- Acabados Finales.

A todas las partes metálicas se les dio un tratamiento final para la protección contra la oxidación y sobre todo para darle una buena presentación. El tratamiento consistió de las siguientes etapas:

- Aplicación de un primario alquídico.
- Rellenador automotriz y lijado.
- Resanador plástico automotriz y lijado.
- Aplicación final por aspersion de esmalte negro semimate.





ESTRUCTURA	MATERIAL
1.- Base de Control <ul style="list-style-type: none">• Base para lámpara• Base graduable para espejo• Soporte para fotocelda # 2, con clips.• Cubierta<ul style="list-style-type: none">- Acrílicos cubre fresnel- Porta Muestras	<ul style="list-style-type: none">- Lámina negra metálica calibre 20.- Lámina negra metálica calibre 20. y tubo de fierro diámetro de 2 cm.- Lámina negra metálica calibre 20.- Acrílico blanco de 5 mm.- Lámina negra metálica calibre 20.- Acrílico transparente de 3 mm.- Acrílico transparente de 5 mm.
2.- Unidad Detectora <ul style="list-style-type: none">• Cubierta deslizable• Ocular• Soporte para fotocelda # 1, con clips.	<ul style="list-style-type: none">- Lámina negra metálica calibre 20.- Lámina negra metálica calibre 20.- Tubo de fierro de 5 cm de diámetro.- Acrílico blanco de 5 mm.
3.- Panel de Control <ul style="list-style-type: none">• Base para Multímetro	<ul style="list-style-type: none">- Lámina negra metálica calibre 20.- Lámina negra metálica calibre 20.
4.- Soporte con Brazo de Extensión	<ul style="list-style-type: none">- Tubular cuadrado de 3 cm. y solera de fierro de 3 mm.

Tabla 4.- Componentes estructurales y materiales usados para la construcción del Sistema para la medición del Area Foliar (Planímetro Fotoeléctrico).

e).- Sistema Eléctrico y Electrónico.

Los componentes utilizados en la instalación eléctrica y electrónica así como su ubicación se esquematizan en el Plano 6.





II.- CONSIDERACIONES DE TRABAJO

a).- Ambiente de Trabajo.

El Planímetro Fotoeléctrico deberá operar en condiciones de temperatura y humedad relativa de 0 a 55 °C y al 95 % respectivamente; es decir, un ambiente confortable para la habitación humana (razonablemente constante en condiciones de temperatura y humedad), se recomienda para el óptimo funcionamiento y tiempo de vida del sistema.

La exposición a sustancias corrosivas (cualquier gas, líquido o sólido), puede afectar los materiales y componentes del instrumento, por lo que deberán ser evitados.

Se deberá trabajar en un área que no esté expuesta directamente a los rayos solares y se procurará que el cuarto quede lo más oscuro posible para poder realizar las mediciones, esto para evitar las causas probables de error.

b).- Requisitos de Trabajo.

A continuación se mencionan los requisitos de trabajo que deberán cumplirse para la operación correcta del sistema, además de las consideraciones ambientales de trabajo.

- Tipo de Alimentación = 120 Volts AC.
- Si el Voltaje no fuera constante, se recomienda usar regulador electrónico de voltaje.
- Limpieza absoluta de Lentes y Porta Muestras.





III.- FUNCIONAMIENTO Y OPERACION

a).- **Funcionamiento.**

El plano 4 muestra un corte transversal del prototipo, en donde se pueden apreciar las partes que lo constituyen y cuyo funcionamiento se explica de la siguiente manera.

El rayo de luz se genera a partir de una **Lámpara de Halógeno** de 12 Wats, que emite un rayo de luz concentrado gracias a que cuenta con un espejo reflector en la lámpara misma. El rayo de luz llega hasta un **Espejo** cuya función es la de desviar el haz luminoso en un ángulo de 90°, orientándolo entonces en dirección vertical ascendente. La luz que llega al **Lente Fresnel** o **Lupa Plana** será colimada, es decir, los rayos serán ordenados en forma paralela y enfocados hacia el **Lente Condensador**; nuestra área activa será por lo tanto igual al área del lente fresnel (20 x 27 cm), esta área será nuestra área de trabajo disponible. Sobre el área activa se encuentra el **Porta Muestras**, el cual consta de dos láminas de acrílico transparente, una de ellas abatible, en donde se colocan las **Hojas** a ser medidas y cuya función es la de mantener extendidas y planas las hojas mientras son medidas.

El Area Activa Total es de 500 cm², sin embargo para medir hojas de diferentes tamaños con mayor precisión se cuenta con **Reductores de Area** de tres diferentes aperturas de área de 25, 100 y 225 cm². Estos Reductores de Area son de acrílico negro y se colocan entre el Lente Fresnel y el Porta Muestras, ver plano 1.

El **Lente Condensador** se encuentra a una distancia de 52 cm sobre el Lente Fresnel, la función que realiza este lente es la de concentrar aquellos rayos que no hayan sido dispersados por las hojas y los proyectará sobre la **Celda Fotovoltáica**.

La fotocelda generará entonces una corriente eléctrica proporcional a la cantidad de luz recibida que será cuantificada en mV por un **Multímetro Digital**.





h).- Instrucciones Generales de Operación.

- Para mejor comprensión de las siguientes instrucciones ver plano de referencia 2.
- Seleccione el Reductor de Area adecuado de acuerdo al tamaño de las hojas a medir, sólo si esto fuese necesario, y colóquelo en el lugar destinado para tal fin.
- Los Reductores de Area deberán utilizarse para ciertos tamaños de hojas, como se indica en el cuadro que sigue:

Area de Trabajo	Tamaño de Hoja
"A" Reductor de Area de 25 cm^2	De 1 a 25 cm^2
"B" Reductor de Area de 100 cm^2	De 26 a 100 cm^2
"C" Reductor de Area de 225 cm^2	De 101 a 225 cm^2
"D" Area Activa Total de 500 cm^2	De 226 a 500 cm^2

- Encienda la fuente de iluminación con el interruptor 1.
- Encienda el Multímetro Digital con el interruptor 2, y enseguida posicione la perilla del Multímetro en 200 mV DC , girando en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- Establezca una Curva Patrón con recortes de áreas conocidas como se muestra en el siguiente ejemplo para el reductor de Area de 225 cm^2 :

$x = \text{Area Conocida}$ (cm^2)	$y = \text{Lectura del Multímetro}$ Digital (mV)
100	224
126	196
140	157
168	95
196	32

Nota.- La curva patrón deberá comprender los valores de las hojas a ser medidas.





- Desarrollar una Regresión Lineal a partir de los valores de la curva patrón, para obtener los valores de "a" y "b".

Ejemplo:

$$a = 443.45$$

$$b = - 2.09$$

$$r = - 0.99$$

- En la Ecuación General para una recta (1) despejar "x".

$$y = a+bx \tag{1}$$

$$x = \frac{y - a}{b} \tag{2}$$

- Sustituir los valores de "a" y "b" en la fórmula (2).

$$x = \frac{y - 443.45}{-2.09} \tag{3}$$

- Si consideramos que x = área foliar y y = lectura del multímetro, y sustituimos en (3) obtendremos la fórmula que nos permitirá obtener el área foliar de las hojas problema a partir de la lectura del multímetro.

$$\text{Area Foliar} = \frac{\text{Lectura del Multímetro} - 443.45}{- 2.09} \tag{4}$$





- Medir las hojas problema, colocando una a la vez en el porta muestras.

Ejemplo:

Hoja Problema	Lectura del Multímetro (mV)
# 1	190
# 2	85

- Aplicar la fórmula (4) con los valores reportados de las hojas problema, para obtener el área foliar en cm^2 .

Hoja Problema	Area Foliar (cm^2)
# 1	121.26
# 2	171.50

- Una vez medidas todas las hojas problemas, apagar el Planímetro Fotoeléctrico de la siguiente manera. Posicionar la perilla del Multímetro Digital en OFF, girándola en sentido de las manecillas de reloj.
- Apagar el interruptor 2, alimentación del Multímetro Digital.
- Apagar el Interruptor 1. Fuente de luz.





IV - PRUEBAS DE PRECISION Y MANEJO.

1.- **PROTOTIPO DE PLANIMETRO FOTOELECTRICO.**

Las mediciones realizadas por nuestro Planímetro Fotoeléctrico se hicieron como se indica en "Instrucciones Generales de Operación" de este documento, realizándose tanto de modelos físicos como de hojas problema.

a).- Areas estimadas a partir de modelos físicos (recortes de papel de área conocida) para los diferentes tamaños de área activa. El error promedio encontrado en esta serie de mediciones fue del 2.58 %

Area Activa Empleada	Area Real Recorte papel (cm ²)	Area Estimada Planímetro (cm ²)	Error (%)	Error (cm ²)
25 cm ²	3	3.22	7.3	0.22
	10	9.27	-7.3	-0.73
	5.3	5.24	-1.13	-0.06
	11.3	11.07	-2.29	-0.26
100 cm ²	49	47.38	-3.51	-1.62
	64	62.77	-1.92	-1.23
	32.15	33.14	3.07	0.99
	60.79	59.74	-1.71	-1.05
225 cm ²	121	124.19	2.63	3.19
	144	146.11	1.46	2.11
	168	171.22	1.92	3.22
	196	197.71	0.87	1.71
500 cm ²	289	281.77	-2.5	-7.23
	340	341.23	0.36	1.23
	380	372.76	-1.90	-7.24
	456	462.85	1.50	6.85





Análisis Estadístico de Modelos Físicos (Planímetro Fotoeléctrico)

A las mediciones realizadas con el Planímetro Fotoeléctrico a los modelos físicos se les aplicó un estadístico de prueba "t" de student para muestras pareadas para determinar si hay diferencias entre el área real de las figuras de papel y el área estimada de estos mismos recortes con nuestro prototipo. No se observó diferencia estadísticamente significativa ($P < 95\%$) entre estas dos series de valores. Así se comprueba que con ayuda del sistema construido se puede medir el área de diversas formas geométricas (rectángulos, cuadrados, triángulos y círculos) con una precisión aceptable (ver anexo "análisis Estadístico").

b).- Areas estimadas a partir de las hojas problema en donde para cada uno de los reductores de área se hizo una curva de calibración. Es importante aclarar que estos valores serán comparados posteriormente contra otros métodos.

Especie y Nombre común	Area Activa Empleada	Muestra	Area Estimada Planímetro cm^2
<i>Erythrina americana</i> Colorín	100 cm^2	B1	46.55
		B2	39.62
		B3	29.62
		B4	35.78
<i>Ligustrun lucidum japonicum</i> Trueno	25 cm^2	C1	3.29
		C2	2.76
		C3	4.37
		C4	4.37
<i>Amaranthus hypocondriacus</i> Amaranto	100 cm^2	D1	30.78
		D2	23.47
		D3	31.93
		D4	26.16
<i>Dahlia sp.</i> Dalia	225 cm^2	E1	66.61
		E2	58.22
		E3	82.17
		E4	92.35





Una vez determinada la eficiencia de nuestro prototipo, así como el grado de certeza de las mediciones realizadas por éste, se estableció una comparación con dos métodos utilizados para medir el área foliar; los métodos contra los que se contrastó fueron:

2.- Método Gravimétrico.

3.- Integrador de Area Foliar (Delta-T Area Meter).

Los ensayos de eficiencia para los dos métodos anteriores se determinaron en base a dos variables:

- a).- Modelos Físicos.- Con recortes de papel de figuras geométricas de área conocida.
- b).- Con hojas de vegetales.- De diversas formas y tamaños.

2.- METODO GRAVIMETRICO.

Para la realización de esta prueba se procedió como se indica en "Métodos de Estimación del Area Foliar" inciso b, descrito anteriormente. Para pesar los recortes de papel se uso una Balanza de Vernier, (Marca Dial-O-Gram Ohaus, capacidad. 310 g y precisión de 0.01 g).

a).- Pesos obtenidos de recortes de papel de área conocida tomados como base para la obtención de las áreas de hojas de vegetales.

AREA cm ²	PESO gr.
1	0.01
9	0.06
25	0.18
49	0.37
81	0.64

Pesos promedio de 5 repeticiones para cada muestra.





b). - Prueba gravimétrica para obtener el área de las hojas (vegetales), mediante recortes de papel de las mismas.

Especie y Nombre común	Muestra	Peso gramos	Area Estimada Mét. Gravimétrico cm ²
<i>Erythrina americana</i> Colorín	B1	0.4	51.69
	B2	0.33	42.85
	B3	0.22	28.95
	B4	0.3	39.06
<i>Ligustrun lucidum japonicum</i> Trueno	C1	0.02	3.69
	C2	0.02	3.69
	C3	0.03	4.95
	C4	0.03	4.95
<i>Amaranthus hypocondriacus</i> Amaranto	D1	0.24	31.48
	D2	0.16	21.37
	D3	0.25	32.74
	D4	0.2	26.45
<i>Dahlia sp.</i> Dalia	E1	0.42	54.22
	E2	0.32	41.58
	E3	0.59	75.69
	E4	0.68	87.06





3.- INTEGRADOR DE AREA FOLIAR.

Esta prueba se realizó en el Centro de Ecología de la UNAM, y se utilizó para tal efecto un integrador de área foliar (Area Meter Delta-T Devices, Marca Controls).

a).- Modelos Físicos. A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta prueba con recortes de papel de figuras geométricas de áreas conocidas

Area Real Recorte de papel cm ²	Area Estimada Integ. de Area Foliar cm ²	Porcentaje de Error	Error en cm ²
2.0	2.1	5.0	0.1
5.3	5.2	-1.8	-0.1
6.0	6.1	1.6	0.1
11.9	11.4	-4.2	-0.5
12.0	12.2	1.6	0.2
16.0	16.2	1.25	0.2
18.0	18.2	1.1	0.2
25.0	25.2	0.8	0.2
36.0	36.3	0.8	0.3
49.0	50.1	2.2	1.1
64.0	64.9	1.4	0.9
81.0	82.2	1.4	1.2

El error promedio encontrado para esta serie de mediciones fue el más bajo de los tres métodos con tan sólo 1.9%. Es decir tiene una excelente precisión del 98.1 %.





Análisis Estadístico de Modelos Físicos (Integrador de Area Foliar)

De igual manera se aplicó una prueba “t” de student para muestras pareadas para esta serie de valores, en donde se concluyó que no hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 95\%$), entre las áreas reales y las áreas estimadas con el Medidor de Area Delta-T. Corroborándose que éste método es de una precisión aceptable (ver anexo “Análisis Estadístico”).

b).- Areas estimadas de hojas de vegetales utilizando un integrador comercial (Delta-T Area Meter).

Espece y Nombre común	Muestra	Area Estimada Integ. de Area Foliar cm ²
<i>Erytrina americana</i> Colorin	B1	50.5
	B2	43.2
	B3	30.0
	B4	38.5
<i>Ligustrun lucidum japonicum</i> Trucno	C1	3.2
	C2	2.8
	C3	4.0
	C4	3.8
<i>Amaranthus hypocondriacus</i> Amaranto	D1	31.5
	D2	21.6
	D3	32.9
	D4	26.1
<i>Dahlia sp.</i> Dalia	E1	55.7
	E2	51.6
	E3	77.7
	E4	90.5



Análisis Estadístico para Hojas de Vegetales.

Se llevó a cabo un ANOVA por bloques para los tres métodos que aquí se están comparando (planímetro fotoeléctrico, método gravimétrico e integrador de área foliar) con los datos de las mediciones de las hojas de vegetales, en donde se observó que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tres métodos ($P < 99\%$) (ver anexo "Análisis Estadístico"). A continuación se muestra un cuadro en donde se muestran los datos comparados.

Especie y Nombre común	Muestra	Área Estimada cm ²		
		Planímetro Fotoeléctrico	Método Gravimétrico	Integrador de Área Foliar
<i>Erythrina americana</i> Colorín	B1	46.55	51.69	50.5
	B2	39.62	42.85	43.2
	B3	29.62	28.95	30.0
	B4	35.78	39.06	38.5
<i>Ligustrum lucidum japonicum</i> Trueno	C1	3.29	3.69	3.2
	C2	2.76	3.69	2.8
	C3	4.37	4.95	4.0
	C4	4.37	4.95	3.8
<i>Amaranthus hypocondriacus</i> Amaranto	D1	30.78	31.48	31.5
	D2	23.47	21.37	21.6
	D3	31.93	32.74	32.9
	D4	26.16	26.45	26.1
<i>Dahlia sp.</i> Dalia	E1	66.61	54.22	55.7
	E2	58.22	41.58	51.6
	E3	82.17	75.69	77.7
	E4	92.35	87.06	90.5





V.- ANALISIS DE COSTOS

Dado que en cualquier proyecto de innovación tecnológica resulta de suma importancia conocer su factibilidad económica, a continuación se presenta un análisis de los costos de nuestro sistema.

1.- Gastos Directos

Los gastos directos generados de la construcción del Prototipo del Planímetro Fotoeléctrico se pueden dividir básicamente en dos tipos de costos: material empleado y mano de obra.

a).- **Costos de Material Empleado**

Los costos de los materiales se resumen en la tabla de referencia 5.

b).- **Costos de Mano de Obra**

Para determinar los costos de mano de obra se determinaron las principales tareas que habrían de ser desarrolladas para la construcción de un Planímetro Fotoeléctrico, como el que se propone en este trabajo, a cada una de estas tareas se le asignó un número de horas-hombre para cumplir con la tarea específica y por último se determinó quien podría realizar dichas tareas, en nuestro caso se estableció que un Técnico Calificado era el personal que podría realizar todas las labores de construcción de nuestro prototipo, al cual se le pagarían cuatro veces el salario mínimo (\$ 80.00 MN), por lo que el pago por hora de trabajo sería de \$ 10.00 MN, ver tabla 6.





Cantidad	Unidad	Descripción	Precio U.	Importe
1		Lámpara de halógeno de 12 V	\$ 27.50	\$ 27.50
1		Base para lámpara	\$ 8.50	\$ 8.50
1		Transformador de 50 W	\$ 34.00	\$ 34.00
1		Lupa plana de plástico (Fresnel)	\$ 10.00	\$ 10.00
1		Lupa de cristal	\$ 27.00	\$ 27.00
2		Fotoceldas solares	\$ 30.00	\$ 60.00
1		Multímetro Digital	\$ 260.00	\$ 260.00
1		Transformador de 9 V	\$ 50.00	\$ 50.00
2		Acrílico cristal 5 mm (27 x 34 cm)	\$ 13.00	\$ 26.00
2		Acrílico cristal 3 mm (20 x 25 cm)	\$ 4.00	\$ 8.00
2		Acrílicos blancos 5 mm (15 x 15 cm)	\$ 3.00	\$ 6.00
3		Acrílicos negros 5 mm (28 x 30 cm)	\$ 8.00	\$ 24.00
2		Interruptores con lámpara piloto	\$ 3.50	\$ 7.00
2		Conector BNC para chasis	\$ 12.40	\$ 24.80
1		Extensión BNC AA de cable coaxial	\$ 21.00	\$ 21.00
1		Espejo (20 x 30 cm)	\$ 6.00	\$ 6.00
2	Litro	Solvente	\$ 4.50	\$ 9.00
1	Litro	Esmalte negro semimate	\$ 27.50	\$ 27.50
1/4	Litro	Resanador plástico	\$ 35.00	\$ 8.75
1	Litro	Primario	\$ 38.00	\$ 38.00
1		lija de esmeril gruesa	\$ 8.00	\$ 8.00
1		lija de agua # 100	\$ 4.00	\$ 4.00
1		lija de agua # 320	\$ 3.00	\$ 3.00
20		tornillos (varios tamaños)	\$ 0.50	\$ 10.00
4		Conectores (plugs)	\$ 1.00	\$ 4.00
6		Zapatas	\$ 0.50	\$ 3.00
2		Bisagras	\$ 6.00	\$ 12.00
2	metro	Cable uso rudo	\$ 4.40	\$ 8.80
1		Clavija uso rudo	\$ 6.50	\$ 6.50
1		Sujeta cable	\$ 2.50	\$ 2.50
1		Terminal para pila de 9 V	\$ 1.00	\$ 1.00
1		Porta fusible	\$ 2.50	\$ 2.50
1		Fusible	\$ 0.50	\$ 0.50
1		Lámina de fierro calibre 20 (1,83x,90 cm)	\$ 86.00	\$ 86.00
1	metro	Tubular cuadrado de 1 plg	\$ 7.30	\$ 7.30
1		Solera de fierro de 5 mm (10 cm)	\$ 1.00	\$ 1.00
1		Tubo diámetro de 2 plg (10 cm)	\$ 2.00	\$ 2.00
1/4	Kg	Soldadura eléctrica	\$ 16.00	\$ 4.00
4		Resortes de 1 plg	\$ 1.00	\$ 4.00
4		Gomas para base (diámetro 3 cm)	\$ 1.00	\$ 4.00
4		Empaques hidráulicos (diámetro 1.5 cm)	\$ 0.50	\$ 2.00
			Total	\$ 859.15

Tabla 5.- Costos del material empleado para la construcción del Prototipo de Planímetro Fotoeléctrico.



TAREAS	Horas-Hombre	Mano de Obra	Sueldo por Hora	Total
I.- Construcción:		Técnico Calificado	\$ 10.00	
<i>a).- Base de Control</i>	8			\$ 80.00
<i>b).- Panel de Control</i>	4			\$ 40.00
<i>c).- Unidad Detectora</i>	8			\$ 80.00
<i>d).- Soporte con Brazo de Extensión</i>	2			\$ 20.00
<i>e).- Porta Muestras</i>	4			\$ 40.00
<i>f).- Base Graduable para Espejo</i>	2			\$ 20.00
<i>g).- Base para Lámpara</i>	2			\$ 20.00
<i>h).- Bases para fotocelda (2)</i>	4			\$ 40.00
<i>i).- Reductores de Area (3)</i>	6			\$ 60.00
II.- Pintura.	20	Técnico Calificado	\$ 10.00	\$ 200.00
III.- Instalación Eléctrica.	4	Técnico Calificado	\$ 10.00	\$ 40.00
IV.- Instalación Electrónica.	4	Técnico Calificado	\$ 10.00	\$ 40.00
V.- Ensamble General	8	Técnico Calificado	\$ 10.00	\$ 80.00
			Total =	\$ 760.00

Tabla 6.- Costos de la Mano de Obra estimados para la construcción de un Planímetro Fotoeléctrico, tomando como base que el salario mínimo en el área metropolitana de la Cd. de México fue de \$ 20.00 MN, para febrero de 1996.

Los gastos directos del prototipo del planímetro fotoeléctrico están dados en pesos mexicanos, para febrero de 1996; en donde para establecer un punto de referencia y considerando que el peso mexicano es una moneda poco estable, mencionaremos que el salario mínimo en el área metropolitana de la Ciudad de México es de \$ 20.00 MN por una jornada de ocho horas y que el tipo de cambio del peso mexicano frente al dólar es de 7.50 por 1 Dólar de EUA. Estos dos parámetros se proporcionan con el fin de establecer comparaciones más reales en futuras revisiones de esta tesis.





2.- Precio Estimado de Venta

Con el propósito de establecer una comparación en cuanto a precios de venta contra un integrador de área comercial, se determinó un precio tentativo de venta de nuestro prototipo. Lo que se hizo para determinar dicho precio fue la suma de los Gastos Directos mismos que comprenden costos de materiales y de mano de obra; los Gastos Indirectos los cuales incluyen depreciación de la maquinaria, luz, agua, renta, impuestos, etc. y por último la suma de una Utilidad asignada por la construcción del aparato. Cabe aclarar que la determinación de los gastos indirectos presentó cierta dificultad, debido a que la construcción del prototipo se realizó en la misma escuela (UNAM Campus Iztacala), por lo que se tuvo que realizar un estudio de mercado en el cual se evaluaron una serie de cotizaciones hechas por diferentes talleres particulares.

A partir del análisis de costos obtuvimos que el Precio de Venta de nuestro Planimetro Fotoeléctrico sería de \$ 3 238.30 MN; Precio que podría ser mucho más bajo, por razones obvias, si se considerara la producción en serie de un aparato de estas características. En la tabla 7 hacemos un desglose de los gastos y utilidad que se consideraron para la determinación del Precio de Venta.

Precio de Venta	
Gastos Directos	\$ 859.15 MN
Gastos Indirectos	\$ 760.00 MN
Utilidad del 100 %	\$ 1 619.15 MN
Total	\$ 3 238.30 MN

Tabla 7.- Precio estimado de venta para el Prototipo de Planimetro Fotoeléctrico





DISCUSION

Se ha comprobado que el Planímetro Fotoeléctrico propuesto es un método eficiente y sencillo, de un costo relativamente bajo; pero para poder ubicar exactamente la posición de nuestro prototipo hubo que compararlo contra otros dos métodos que comúnmente se utilizan para determinar el área foliar, y así apreciar mejor las ventajas y desventajas que ofrece el sistema desarrollado. Como resultado de esta comparación se pudo establecer su competitividad en cuanto a tres criterios básicos: precisión, adecuación al uso y precio.

En relación a la precisión, mencionaremos que se aplicó el estadístico ANOVA por bloques a las mediciones hechas a una muestra de hojas con cada uno de los métodos, en donde se pudo determinar que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($P < 99\%$) entre las mediciones hechas con nuestro prototipo y las realizadas con los otros dos métodos. Es decir, cualquiera de los tres métodos se considera como válido para la determinación del área foliar, sin embargo hay que estar conscientes de los alcances de cada uno de ellos.

En primer lugar, hablaremos del método gravimétrico. Este método se ha venido utilizando durante años en la UNAM Campus Iztacala, principalmente para hacer prácticas de carácter demostrativo sobre el crecimiento vegetal. Sin embargo, es tiempo de que a los alumnos de ese nivel se les brinde la oportunidad de conocer y manejar nuevas opciones que les facilite aquellas labores a las que tendrán que enfrentarse cuando concluyan sus estudios. Este método tiene una precisión promedio del 97.9 %, por lo que se le considera como aceptable, puesto que no requiere equipo de laboratorio sofisticado, ya que bastará para su realización sólo de balanza, tijeras y papel; es por esto que desde el punto de vista económico es la opción más viable. Sin embargo, el método es muy poco práctico ya que requiere de mucho tiempo de trabajo y además para hojas muy pequeñas el error es mayor.



El integrador de área foliar Delta-T (comercial) es uno de los métodos más eficientes que encontramos ya que tiene una precisión promedio del 98.1 %. Es un aparato electrónico de manejo simple que ofrece enormes posibilidades en cuanto al tipo y velocidad de mediciones que puede realizar, ya que cuenta con una serie de dispositivos que le confieren grandes ventajas contra cualquier otro método. mencionaremos a manera de ejemplo, que cuenta con una banda transportadora en donde se colocan las hojas para ser medidas, con lo que se agilizan enormemente el tiempo de realización de las mediciones; también cuenta con un sistema que permite saber el número de mediciones hechas y el área total, además se le puede adaptar un microscopio para medir áreas de objetos minúsculos. Sin embargo, tal vez su única desventaja es su elevado costo.

El precio de compra de un integrador de tales características se encontraba en \$ 97,500.00 pesos mexicanos en febrero de 1996 (\$ 13,000.00 dólares E.U.A.), al que podemos considerar de dos maneras de acuerdo al criterio con que se juzgue, es decir, por un lado se considera como un precio adecuado en relación a la eficiencia del aparato, sin embargo, también se le puede considerar como un precio demasiado elevado si tomamos en cuenta la crisis económica nacional, ya que ésta afecta también a todos los centros de investigación y docencia del país. El adquirir un integrador de área foliar conlleva toda una serie de gastos adicionales; tales como mantenimiento preventivo y correctivo, calibración profesional del equipo (servicios que tendrían que ser contratados con agencias autorizadas) y compra de piezas originales en caso de alguna falla, piezas obviamente también de importación con lo que la dependencia tecnológica sería inevitable. Por lo anterior la compra de un integrador de Area Foliar es justificable solo para aquellos centros de investigación científica de alta calidad, pero difícilmente se podría justificar su adquisición, con fines de docencia.

El Prototipo de Planímetro Fotoeléctrico puede ser una excelente opción para la realización de mediciones del área foliar, con fines didácticos si consideramos que en pruebas preliminares de eficiencia realizadas en el laboratorio, se observó que su manejo es muy sencillo y que la precisión promedio se encontró en 97.4 %. Sin embargo una desventaja es que el error aumenta en las mediciones de hojas muy pequeñas y muy delgadas ya que se observó que son menos eficientes las mediciones para hojas pequeñas que para hojas grandes, pues el error promedio para el área activa de 25 cm² fue del 4.5 %, en la de 100 cm² de 2.5 %, para 225 cm² del 1.7 % y para el área de 500 cm² fue el menor error promedio con 1.5 %.





Del análisis de los costos del Prototipo se determinó que tentativamente un precio de venta podría ser de \$ 3,238.30 MN (431.77 dólares EUA), y que los gastos de mantenimiento y de servicios serían mínimos, ya que las reparaciones las podría realizar cualquier técnico en electrónica y que las piezas de repuesto son de bajo costo y de fácil adquisición. Tales gastos colocan en ventaja a nuestro prototipo en relación al integrador de área foliar cuyo precio es mucho más elevado. Sin embargo, debemos tener cuidado al emitir un juicio de comparación, ya que el Integrador de Área Foliar Delta-T es superior en cuanto a su eficiencia y precisión.

El Prototipo para la Medición del Área Foliar cumplió con los objetivos establecidos, es decir es un sistema eficiente y de un bajo costo; sin embargo puede mejorarse en los siguientes aspectos:

a) *Lente Fresnel*

El lente fresnel o lupa plana que usamos en la construcción de nuestro prototipo es de una distancia focal muy grande (60 cm.). Por lo que se sugiere para futuros diseños, construir o comprar un lente fresnel de menor distancia focal, con lo que se reduciría considerablemente el tamaño y peso del Prototipo y posiblemente se abatirían costos.

b) *Multímetro Digital*

Nuestro multímetro nos da una lectura en mV, estos valores hay que someterlos a un proceso matemático para obtener entonces el área en cm^2 . Por lo tanto se sugiere trabajar en la construcción de un dispositivo electrónico que muestre directamente la lectura en cm^2 . La obtención de resultados sería entonces automática.

c) *Componentes Importados*

A pesar de que se hizo lo posible por conseguir los componentes principales de manufactura nacional, esto no fue del todo posible. Por lo que se sugiere diseñar y construir tales componentes para no seguir dependiendo de los materiales de importación.

A manera de resumen se presenta la siguiente tabla comparativa de los tres métodos estudiados para medir el área foliar: el gravimétrico, el planímetro fotoeléctrico y el integrador de área comercial (tabla 8).





<i>METODO</i>	<i>EQUIPO TECNICO REQUERIDO</i>	<i>ADECUADO PARA</i>	<i>PRECISION PROMEDIO</i>	<i>VENTAJA PRINCIPAL</i>	<i>DESVENTAJA PRINCIPAL</i>	<i>PRECIO</i>	<i>OBSERVACIONES</i>
Gravimétrico	Balanza de buena precisión y papel de peso uniforme.	Hojas de forma simple.	97.9 %	Precisión aceptable.	Requiere de mucho trabajo.	No se puede establecer.	Verificar la homogeneidad del papel.
Planímetro Fotoeléctrico.	Planímetro Fotoeléctrico con multímetro, voltaje estable y/o regulador de voltaje.	Hojas individuales grandes y arreglos de hojas relativamente grandes.	97.4 %	Relativamente rápido y de precisión aceptable	Técnicamente complicado, no adecuado para hojas muy pequeñas y/o muy delgadas.	Precio estimado: \$ 3 238.30 MN. \$ 431.77 USD.	Es necesario calibrarlo frecuentemente.
Integrador de Area Foliar. (comercial)	Integrador Delta-T Marca Controls S.A.	Hojas de cualquier forma o tamaño.	98.1 %	Muy preciso rápido y de manejo muy sencillo.	Precio alto de compra y de mantenimiento.	Precio: \$ 97 500.00 MN. \$ 13 00.00 USD.	Adecuado para calibrar otros métodos.

Tabla 8.- Cuadro comparativo de los tres métodos utilizados para medir el área foliar



37020094



CONCLUSION

Después de este periodo de investigación hemos podido constatar que a pesar de que el prototipo de Planímetro Fotoeléctrico, no sea un aparato que haya sido desarrollado con adelantos científicos y tecnológicos de punta; es indudablemente una excelente opción si tomamos en cuenta su confiable precisión, diseño funcional y bajo costo.

Es por lo anterior, que podemos afirmar que la adquisición de un modelo como el presentado en este trabajo de tesis se considera como un aparato de funcionamiento adecuado para la realización de investigación científica; pero sobre todo como un auxiliar muy importante para apoyar todas aquellas labores de docencia que habrán de repercutir en una mejor preparación de estudiantes universitarios del área biológica.



**BIBLIOGRAFIA**

- 1.- Agger L.T., 1975, "Introducción a la Electricidad", Ed. CECSA, México.
- 2.- Buckley P.M. y Hoskyns A.H., 1980, "Basis Electronics Circuits", Ed. SPON LTD, EUA.
- 3.- Bueche F., 1988, "Fundamentos de Física", Ed. McGraw-Hill, 4ª ed., México.
- 4.- Causton y Venus, 1981, "The Biometry of Plant Growth", Ediciones Edward Arnold, Inglaterra.
- 5.- CINVESTAV-IPN, 1991, "La Conversión Fotovoltaica de la Energía Solar", Departamento de Ingeniería Eléctrica, México.
- 6.- Coombs J., Hall D.O. y Long S.P., 1988, "Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad", Ed. Futura S.A., 2ª edición, México.
- 7.- Daniel W., 1982, "Bioestadística, Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud", Ed. LIMUSA, 3ª reimpresión, México.
- 8.- Durán Ruíz C., 1992, "Las Empresas Micro, Pequeñas y Medianas: Crecimiento con Innovación Tecnológica", Comercio Exterior, Vol. 42, No. 2, pp 163-168, México.



- 9.- Evans G.C., 1972, "The Quantitative Analysis of Plant Growth", Blackwell Scientific Publications, E.U.A.
- 10.- Hoening S.A., 1980, "How to Build and Use Electronic Devices without Frustration, Panic, Mountains of Money, or an Engineering Degree", Ed. Little, Brown and Company, 2ª edición, EUA.
- 11.- INEGI, 1995, "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1994", México.
- 12.- INEGI, 1990, "Estadísticas del Comercio Exterior de México", Vol. XIII, No. 12, México.
- 13.- INEGI, 1991, "Estadísticas del Comercio Exterior de México", Vol. XIV, No. 12, México.
- 14.- Leopold A.C. y Kriedermann P.E., 1975, "Plant Growth and Development", Ed. McGraw-Hill, 2ª edición, E.U.A.
- 15.- Oberg E., Jones F.D. y Horton H.L., 1984, "Manual Universal de la Técnica Mecánica", Ed. Labor, 2ª edición, España.
- 16.- Piña Varela M.L., 1988, "Perfil anatómico foliar de poblaciones originales de maíz (*Zea mays* L) y genotipos seleccionados por tolerancia a salinidad o sequía", Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Graduados, México.





- 17.- Quintanar Sánchez E.M., 1985, "Efecto por deficiencia y exceso de nitrógeno en la calidad y vida de florero del crisantemo (Chrysanthemum morifolium. Ramat. polanis) usando el sistema hidropónico", UNAM, ENEP Iztacala, México.
- 18.- Reséndiz D. y Barnés D., "La educación de posgrado: naturaleza, funciones, requisitos y métodos", Ciencia y Desarrollo, Abril 1987, pp 3-7, México.
- 19.- Rodríguez Hernández M.C., 1985, "Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cafeto (Coffea arabica. L. VC. Garnica) en sistemas de cultivo a sol y sombra, en el centro de Veracruz, México", Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM, ENEP Iztacala, México.
- 20.- Ruíz Zamampa M.L. y Chávez Barrios G.F., 1985, "Eficiencia de la asociación maíz-frijol bajo dos niveles de tecnología en Coatepec, Veracruz", Tesis de Licenciatura en Biología, UNAM, ENEP Iztacala, México.
- 21.- Sesták Zdenek, 1985, "Photosynthesis during leaf development", D.R.W. Junk Publishers, Checoslovaquia.
- 22.- Sesták Zdenek, et al, 1971, "Plant photosynthetic production, manual of methods", Ed. Zuid-Nederlandshe, Holanda.
- 23.- Turner R.P., 1982, "Células Solares y Fotocélulas", Ed. Marcombo, España.



ANEXOS

ANALISIS ESTADISTICO

- a).- Prueba de "t" para el Planímetro Fotoeléctrico
Para modelos físicos (recortes de papel de área conocida).

Area Real (x) cm ²	Area Estimada (y) Planímetro Fotoeléctrico cm ²	D _i (x - y)
3	3.22	-0.22
10	9.27	0.73
5.3	5.24	0.06
11.33	11.07	0.26
49	47.38	1.62
64	62.77	1.23
32.15	33.14	-0.99
60.79	59.74	1.05
121	124.19	-3.19
144	146.11	-2.11
168	171.22	-3.22
196	197.71	-1.71
289	281.77	7.23
340	341.23	-1.23
380	372.76	7.24
456	462.85	-6.85

- Hipótesis:

$$H_0: \mu\bar{D} = 0 \quad \text{vs} \quad H_a: \mu\bar{D} \neq 0$$

- Estadístico de Prueba:

$$t = \frac{\bar{D}}{S_{\bar{D}} / \sqrt{n}}$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n - 1}$$

$$S_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}}$$

- Regla de decisión:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } t_0 \geq t_{15}^{0.05} \quad \text{o si} \\ t_0 \leq -t_{15}^{0.05}$$

- Calculos:

$$\bar{D} = \frac{-0.1}{16} = -0.00625$$

$$S_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{187.926}{15}} = 3.53$$

$$t = \frac{-0.00625}{3.53 / \sqrt{16}} = -0.007082$$

- Decisión estadística:

$$t_0 = -0.007082 < t_{15}^{0.05} = 2.131$$

Como t_0 es menor que $t_{15}^{0.05}$, no se rechaza H_0 , y se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa ($P < 95\%$), entre las áreas reales de los recortes de papel y las áreas estimadas con el planímetro fotoeléctrico.

b).- Prueba de "t" para el Integrador de Area Foliar (comercial)
 Para modelos fisicos (recortes de papel de área conocida).

Area Real (x) cm ²	Area Estimada (y) Integrador de Area cm ²	D _i (x - y)
2.0	2.1	-0.1
5.3	5.2	0.1
6.0	6.1	-0.1
11.9	11.4	0.5
12.0	12.2	-0.2
16.0	16.2	-0.2
18.0	18.2	-0.2
25.0	25.2	-0.2
36.0	36.3	-0.3
49.0	50.1	-1.1
64.0	64.9	-0.9
81.0	82.2	-1.2

- Hipótesis:

$$H_0: \mu\bar{D} = 0 \quad \text{vs} \quad H_a: \mu\bar{D} \neq 0$$

- Estadístico de Prueba:

$$t = \frac{\bar{D}}{S_{\bar{D}} / \sqrt{n}}$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

$$S_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}}$$

- Calculos:

$$\bar{D} = \frac{-3.9}{12} = -0.325$$

$$S_{\bar{D}} = \sqrt{\frac{3.0252}{11}} = 0.5244$$

$$t = \frac{-0.325}{0.5244 / \sqrt{12}} = -2.14$$

- Decisión estadística:

$$t_0 = -2.14 < t_{11}^{0.05} = 2.201$$

- Regla de decisión:

Rechazar H₀ si $t_0 \geq t_{11}^{0.05}$ o si

$$t_0 \leq -t_{11}^{0.05}$$

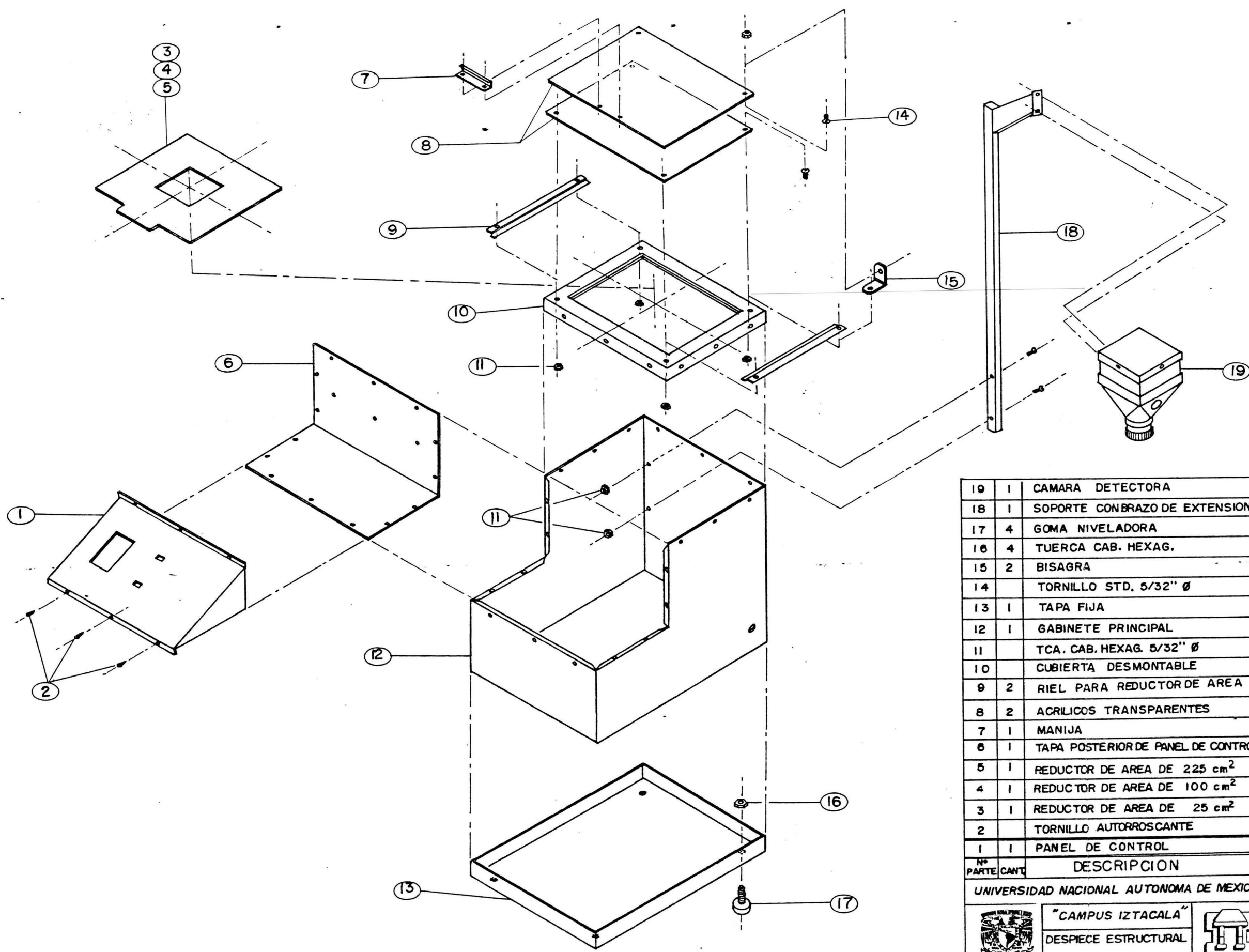
Como t_0 es menor que $t_{11}^{0.05}$, no se rechaza H₀, y se concluye que no existe diferencia estadísticamente significativa (P < 95%), entre las áreas reales de los recortes de papel y las áreas estimadas con el integrador de área foliar (comercial).

c).- **ANOVA por bloques**


Para determinar si hubo diferencia entre las mediciones hechas por los tres métodos comparados: Planímetro Fotoeléctrico, Gravimétrico e Integrador de Area Foliar.

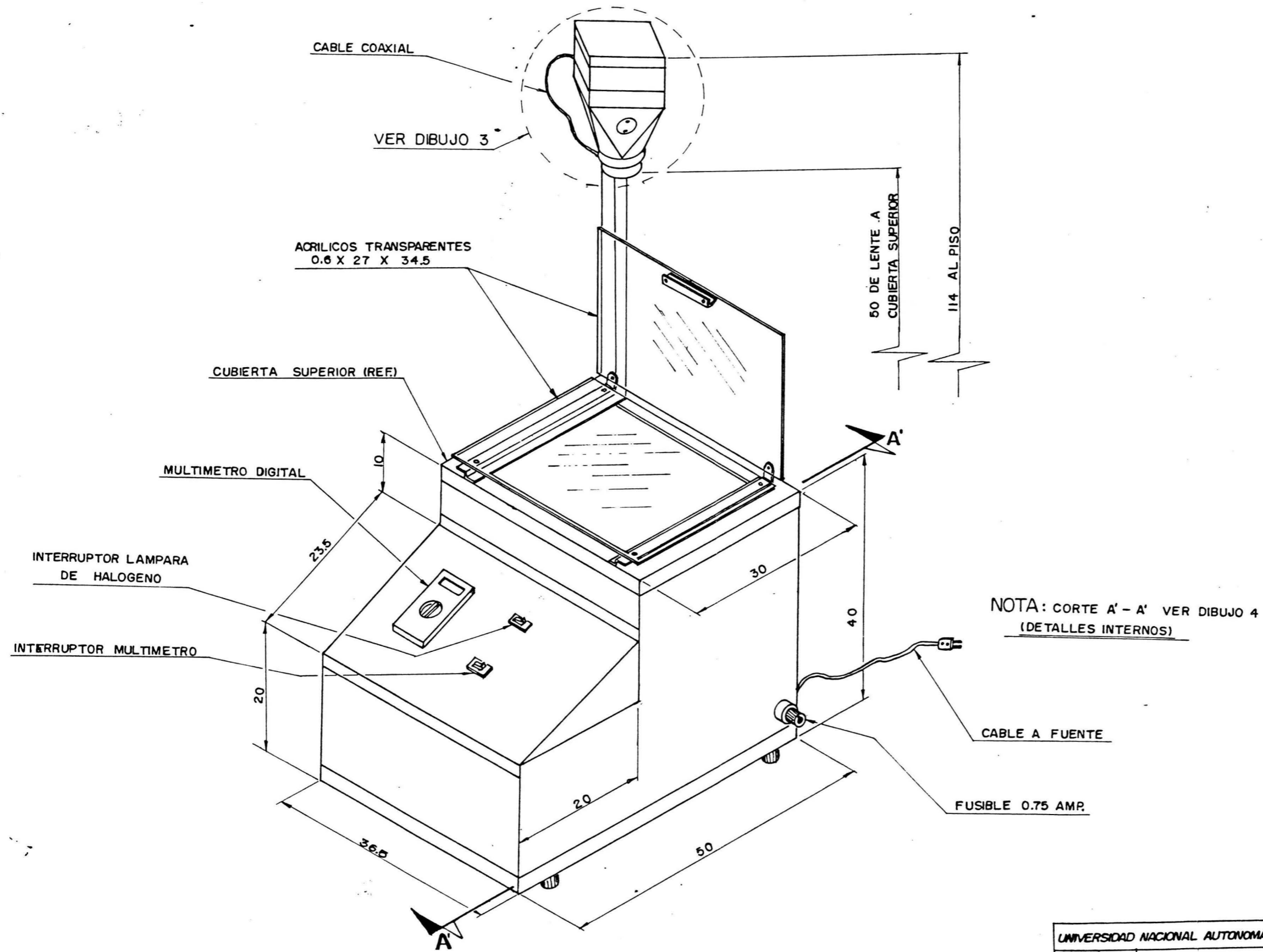
<i>Fuente de Variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de Cuadrados SC</i>	<i>Cuadrado Medio CM</i>	<i>F calculada</i>
Debida al tratamiento	2	24.15	12.075	0.1254
Debida a los bloques	3	26,760.324		
Debida al error	42	4,043.27	96.26	
TOTAL	47	30,827.75		

Para un nivel de significancia de 0.01 y con 2 grados de libertad en el numerador y 42 grados de libertad en el denominador se obtiene un valor crítico de **F de tablas** de 5.15. El valor de **F calculada** es 0.1254 y es menor que el valor de **F de tablas** 5.15, y de acuerdo a la regla de decisión, se acepta la hipótesis nula, es decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias.



19	1	CAMARA DETECTORA
18	1	SOPORTE CONBRAZO DE EXTENSION
17	4	GOMA NIVELADORA
16	4	TUERCA CAB. HEXAG.
15	2	BISAGRA
14		TORNILLO STD. 5/32" Ø
13	1	TAPA FIJA
12	1	GABINETE PRINCIPAL
11		TCA. CAB. HEXAG. 5/32" Ø
10		CUBIERTA DESMONTABLE
9	2	RIEL PARA REDUCTOR DE AREA
8	2	ACRILICOS TRANSPARENTES
7	1	MANIJA
6	1	TAPA POSTERIOR DE PANEL DE CONTROL
5	1	REDUCTOR DE AREA DE 225 cm ²
4	1	REDUCTOR DE AREA DE 100 cm ²
3	1	REDUCTOR DE AREA DE 25 cm ²
2		TORNILLO AUTORROSCANTE
1	1	PANEL DE CONTROL

Nº PARTE	CANT.	DESCRIPCION
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
		
"CAMPUS IZTACALÁ"		
DESPIECE ESTRUCTURAL		
DE PLANIMETRO		
FOTOELECTRICO		
ESC.		DIB. Nº
ACOT. 1/16" = 1"		1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

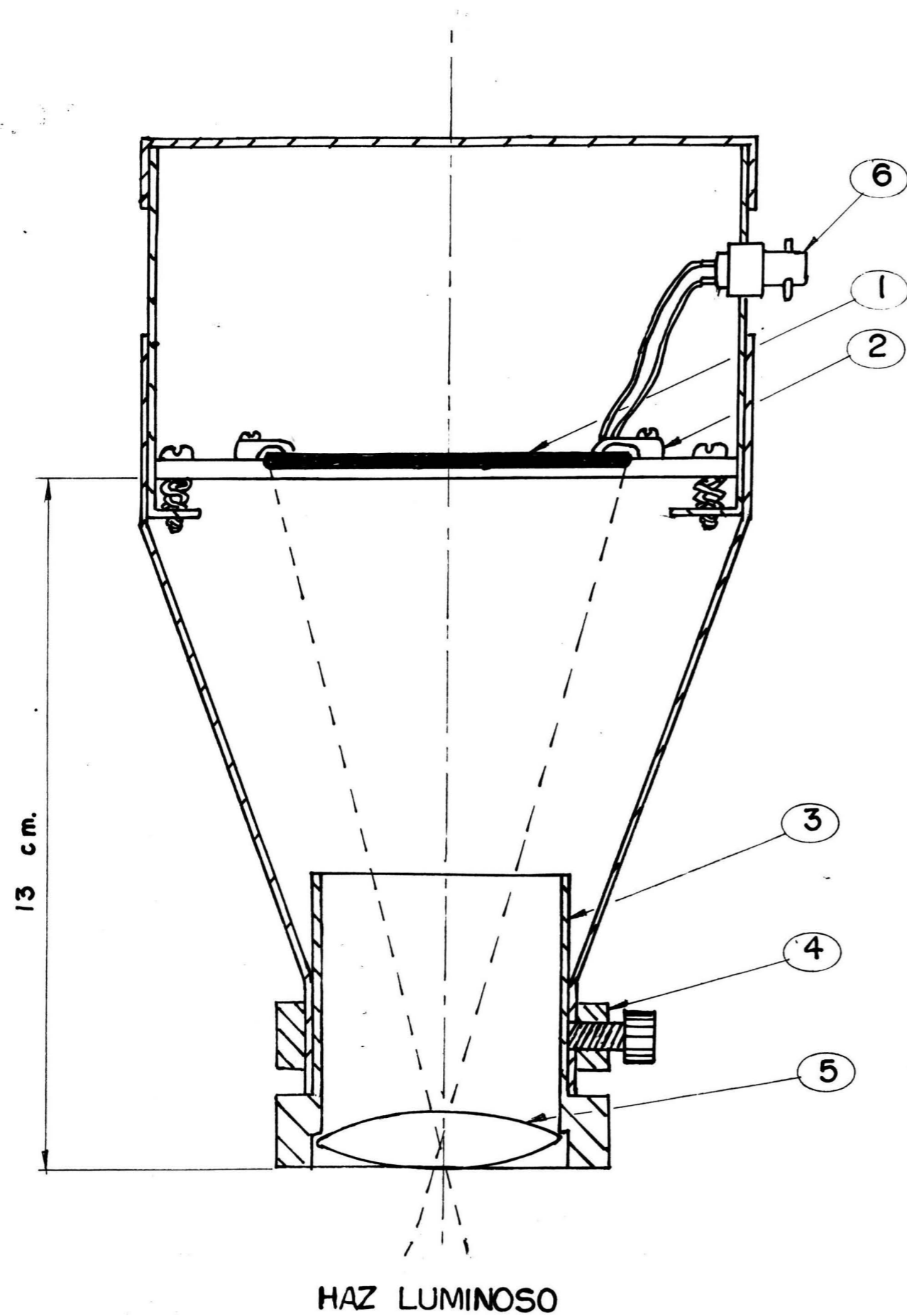


ESC.
ACOT. Cm.

"CAMPUS IZTACALA"
ARREGLO GENERAL
DE PLANIMETRO
FOTOELECTRICO





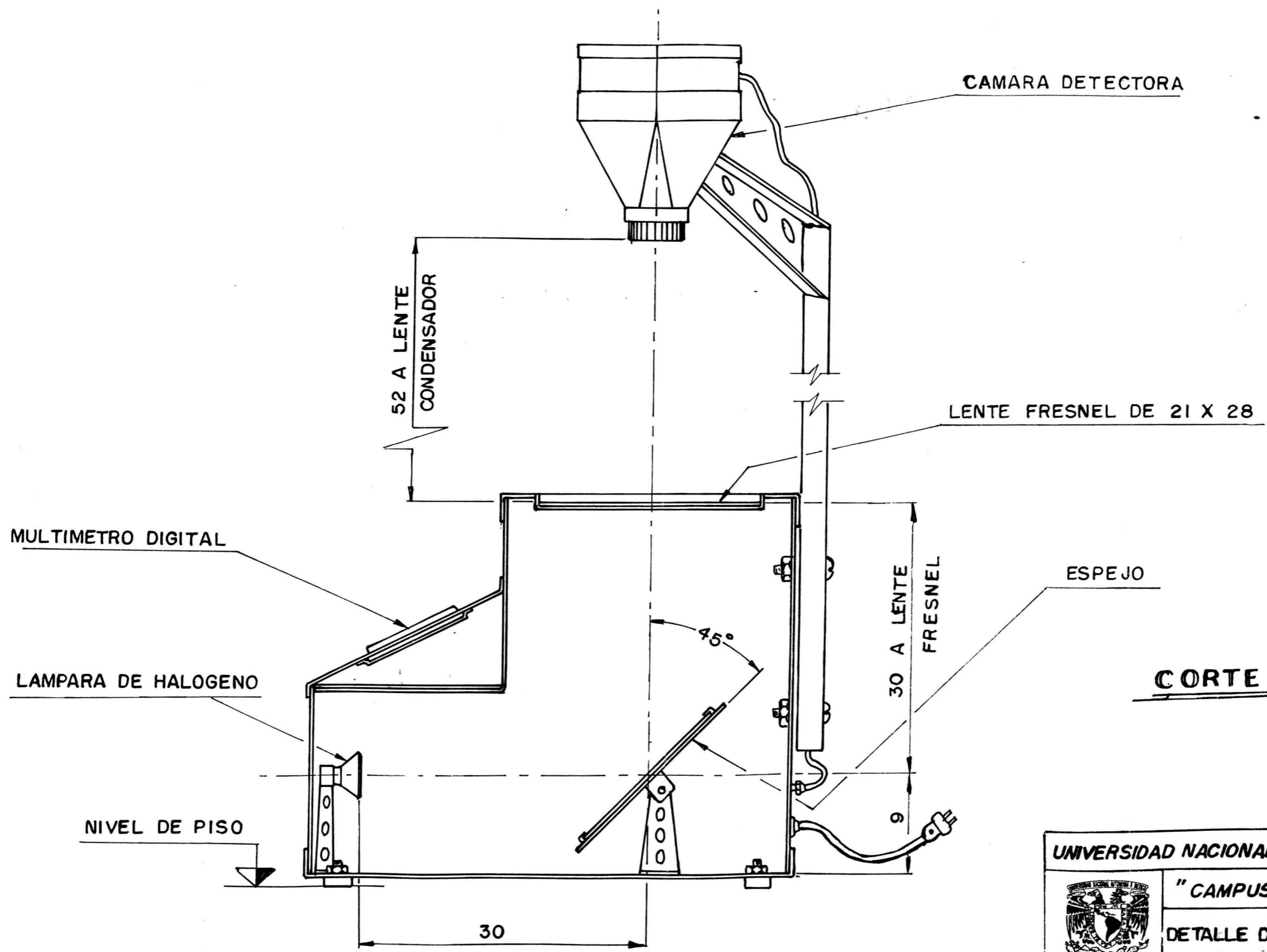
DIB. N°
2


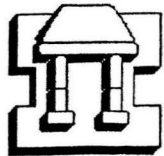


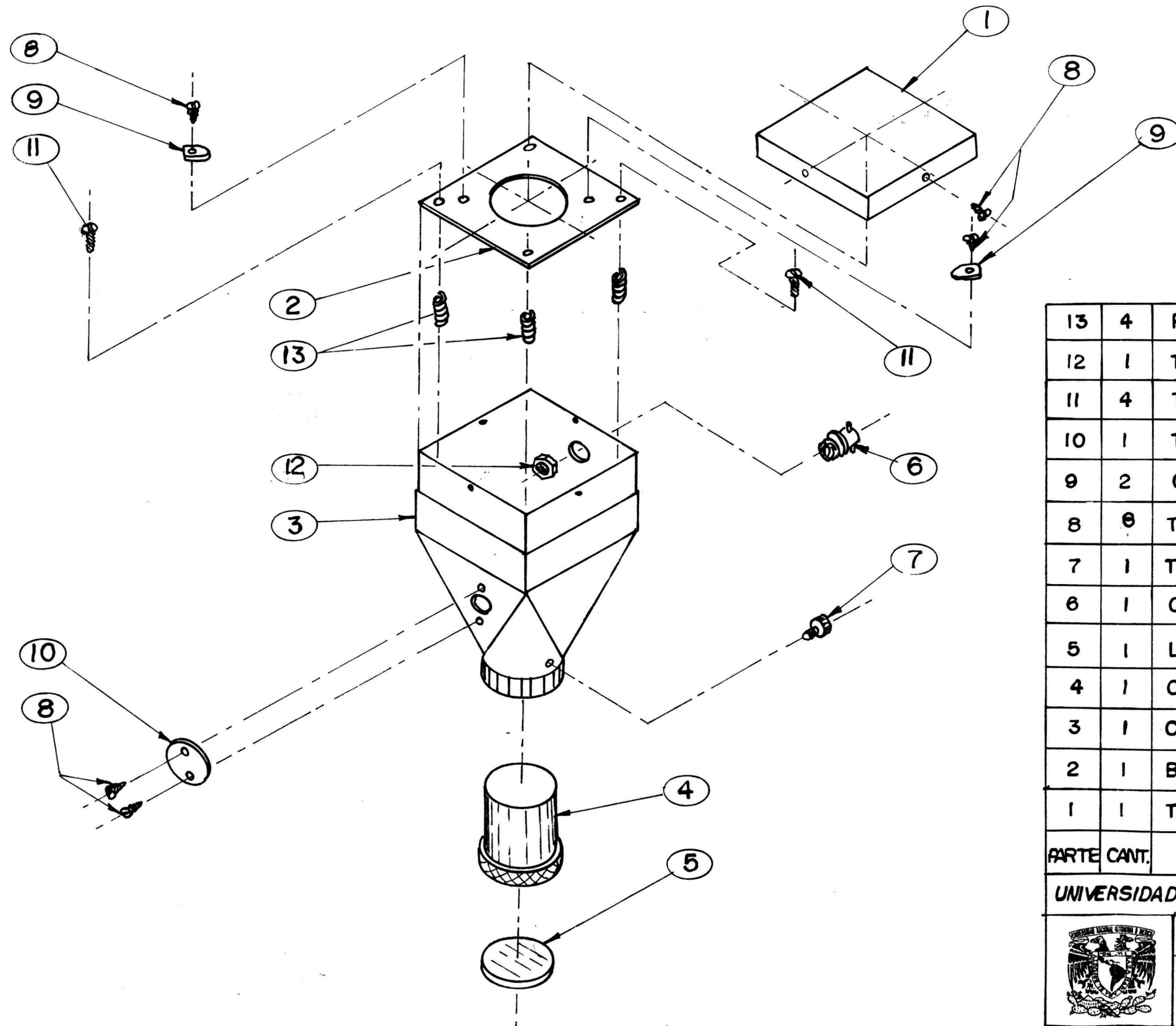
6	1	CONECTOR BNC. PARA CABLE COAXIAL
5	1	LENTE CONDENSADOR
4	1	ARILLO OPRESOR
3	1	OCULAR
2	2	CLIP
1	1	FOTOCELDA

PARTECANT	DESCRIPCION
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	

	"CAMPUS IZTACALA"	
	CORTE TRANSVERSAL DE LA UNIDAD	
ESC. ACOT. —	DETECTORA	
		DIB.Nº 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
	"CAMPUS IZTACALA"	
	DETALLE DE COMPONENTES PRINCIPALES DE	
ESC.	PLANIMETRO FOTOELECTRICO	DIB. N°
ACOT. C.m.		4



13	4	RESORTE
12	1	TUERCA CONECTOR BNC.
11	4	TORNILLO 3/16" Ø
10	1	TAPA DE MIRILLA
9	2	CLIP
8	8	TORNILLO AUTOROSCANTE
7	1	TORNILLO OPRESOR
6	1	CONECTOR BNC.
5	1	LENTE CONDENSADOR
4	1	OCULAR
3	1	CAJA UNIDAD DETECTORA
2	1	BASE PARA FOTOCELDA
1	1	TAPA UNIDAD DETECTORA
PARTE	CANT.	DESCRIPCION

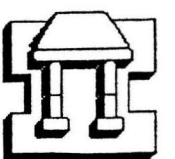
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



"CAMPUS IZTACALA"

DESPIECE DE LA

UNIDAD DETECTORA

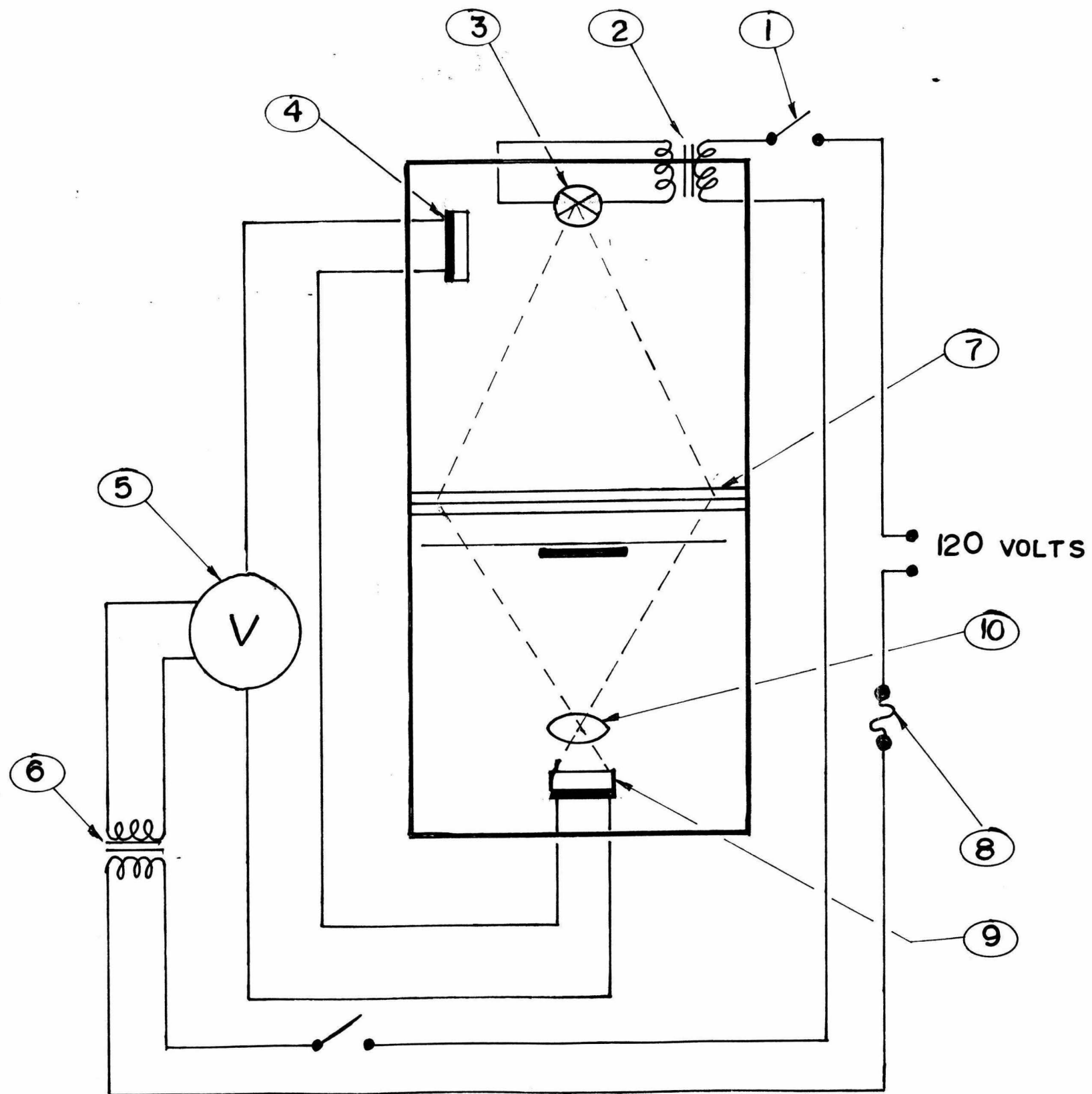


DIB. N°

5

ESC. NO

ACOT. —

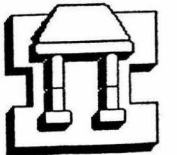


10	FUSIBLE
9	FOTOCELDA PARA MEDICION
8	CONDENSADOR
7	LENTE FRESNEL
6	TRANSFORMADOR 9 VOLTS
5	MULTIMETRO DIGITAL
4	FOTOCELDA DE REFERENCIA
3	LAMPARA DE HALOGENO 12 VOLTS
2	TRANSFORMADOR 50 WATTS 12 VOLTS
1	INTERRUPTOR
PARTECANT	DESCRIPCION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



"CAMPUS IZTACALA"
DIAGRAMA ELECTRICO
PLANIMETRO



ESC. NO
ACOT. —

FOTOELECTRICO

DIB. N°
6