

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION DE LA UNIFORMIDAD DE
APLICACION DE UN ASPERSOR TIPO
CAÑON, EN BASE A UN PATRON
SIMPLE DE ASPERSION

TRABAJO PRACTICO (OPCION V)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A
MARTIN FERNANDO SOSA CASTAÑEDA

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1982

T

TC927

S6

C.1



1080063300

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



ESTIMACION DE LA UNIFORMIDAD DE APLICACION DE UN ASPERSOR TIPO CAÑON, EN BASE A UN PATRON SIMPLE DE ASPERSION

TRABAJO PRACTICO (OPCION V)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA



AUDITORIA
U. A. N. L.

PRESENTA
MARTIN FERNANDO SOSA CASTAÑEDA

MARIN, N. L.

FEBRERO DE 1982

000851

FONDO

LIBROS

T
TC 927
56

040.631

FA 1

1982

c.5



Funes



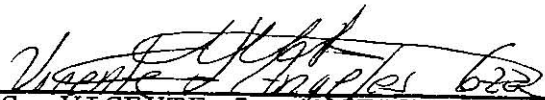
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTIMACION DE LA UNIFORMIDAD DE APLICACION
UN ASPERSOR TIPO CAÑON, EN BASE A UN PATRO
SIMPLE DE ASPERSION.

TRABAJO PRACTICO OPCION V

APROBADO POR:



ING. VICENTE J. ANGELES GARZA
ASESOR

Marín, N.L.

Febr

A MIS PADRES:

SR. MARTINIANO SOSA VILLASENOR,

SRA. MARIA ELENA CASTANEDA DE SOSA,

*Por el gran amor y apoyo brindado que
hizo posible la realización de mi carrera.*

A MIS HERMANOS:

Con todo cariño.

A MI NOVIA:

SRITA. ERNESTINA QUIROGA GZZ.

*Por el gran amor y comprensión
que me ha dado.*

ESPECIALMENTE A LOS INGENIEROS:

VICENTE J. ANGELES GARZA.

BENJAMIN S. IBARRA RUIZ.

Por el asesoramiento que me brindaron.

Y A TODOS LOS INGENIEROS:

*Del área de Ingeniería Agrícola
de ésta Facultad.*

I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	2
- Antecedentes Históricos.....	2
- Generalidades del riego por aspersión.....	2
- Modalidades del sistema de riego por aspersión.....	4
- Factores que intervienen en el diseño de un sistema de riego por aspersión.....	9
- Uniformidad de distribución.....	11
- Métodos para evaluar la uniformidad de distribución...	13
MATERIALES Y METODOS.....	16
- Descripción del sitio experimental.....	16
- Clasificación del clima y condiciones metereológicas..	16
- Materiales usados.....	17
- Descripción de la metodología empleada.....	17
RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
- Discusión de resultados.....	20
- Discusión de la metodología empleada.....	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	23
RESUMEN.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	26
APENDICE.....	27

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

PAGINA

A) TABLAS Y FIGURAS.

TABLA 1	<i>Condiciones de operación del aspersor y condiciones climatológicas durante la realización de la prueba,.....</i>	27
TABLA 2	<i>Valores de lámina total precipitada en cms. durante la prueba y conocido como patrón simple de aspersión (P.S.A.).....</i>	28
TABLA 3	<i>Patrón de taslape de aspersión (P.T.A.) obtenido en base al patrón simple de aspersión (P.S.A.) y con el espaciamiento máximo recomendado por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A.....</i>	29
TABLA 4	<i>Tiempos de giro del aspersor por cuadrante y valores de la intensidad de precipitación obtenidos durante la prueba..-.....</i>	30
FIGURA 1	<i>Croquis de la ubicación de la bomba, tuberías, aspersor y botes receptores (pluviómetros) durante la prueba.....</i>	32
FIGURA 2	<i>Representación gráfica del patrón simple de aspersión (P.S.A.) obtenidos durante la prueba.....</i>	33
B) Secuencia de cálculo para la obtención del patrón de-		

<p><i>traslape de aspersión [P.T.A.] recomendado por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A. en base al patrón simple de aspersión. (P.S.A.).....</i></p>	<p>34</p>
<p><i>C) Secuencia de cálculo para la obtención del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard. por cuadrante y para el total de los valores observados.....</i></p>	<p>38</p>
<p><i>D) Cálculo del gasto promedio del aspersor durante la prueba.....</i></p>	<p>41</p>

I N T R O D U C C I O N

El sueño de los campesinos durante siglos ha sido la obtención de la lluvia sobre sus campos en el momento en que - consideraban más adecuado. Así, el hombre ha adorado en la antigüedad a diversos dioses de la lluvia. Ha ofrecido sacrificios, ha danzado y ha invocado al dios del trueno.

El hombre intentó primero remediar las necesidades - de agua de las plantas llevándole el líquido por canalillos, - por tuberías o en vasijas. Hay documentos arqueológicos y escritos que prueban que hace más de 5000 años ya regaba el hombre sus campos.

Los romanos realizaron grandes obras públicas, entre las que no faltaron las presas de embalse y los canales de conducción de agua. Parece que los acueductos construidos por - - ellos, tuvieron la finalidad de abastecimiento de agua a las poblaciones.

Durante muchos siglos, el procedimiento de poner - - agua a disposición de las plantas no ha variado esencialmente. Solamente se han introducido mejoras en la técnica de la construcción de causes, pero la esencia del sistema no se ha modificado hasta la Edad Contemporánea.

LITERATURA REVISADA

Antecedentes Históricos:

El riego por aspersión o lluvia artificial ha surgido por el deseo de imitar en todo lo posible a la naturaleza, dejando caer el agua sobre las plantas igual que ella lo hace.

El riego por aspersión; sin pasado, sin historia, en tró a competir con otros sistemas muy conocidos por los técni cos, los vendedores y los agricultores.

Los proyectos y las instalaciones que se hicieron al principio tenían defectos. Así, surgieron las dificultades, - se producían los daños. Pero los defectos se han ido corrigiendo.

Puede decirse que en los últimos 40 años la Ingeniería del riego ha avanzado más que en el resto de su historia.- En resumen, el sistema ha tenido tantas versiones, tantas inno vaciones, que puede decirse que hoy se ha llegado, acaso, a la - perfección absoluta.

La afirmación anterior no es aventurada. Existen ins talaciones de riego gobernados por un programador electrónico- que riegan bajo el impulso que provoca la sequedad del terreno. (4).

Generalidades del riego por aspersión.

La adaptabilidad de los equipos actuales de asper- sión y el control eficiente en su aplicación de agua, hacen - que este método sea el indicado para la mayoría de las condi- ciones topográficas sin una preparación extensiva del terreno, y está sujeto solamente a limitaciones impuestas por la capaci- dad

dad de uso de la tierra y el factor económico.

El riego por aspersión puede adaptarse a la mayor parte de las condiciones climáticas donde la agricultura de riego es posible; sin embargo, en algunas regiones se presentan problemas debido a temperaturas extremadamente altas y a la considerable velocidad del viento.

El uso de los sistemas de riego por aspersión no es recomendable donde el agua de riego contiene grandes cantidades de sales en solución. (2)

Cabe mencionar también, dentro de generalidades, las ventajas y desventajas, del riego por aspersión:

1. Requiere poca nivelación y preparación el terreno en donde se va a realizar el riego.
2. Es un sistema capaz de adaptarse a las tierras muy permeables.
3. Dosificación más rigurosa en los riegos ligeros (siembras y riegos eventuales).
4. En algunos casos la economía de mano de obra (aparatos fijos o de gran radio de acción).
5. Mejor aireación del suelo.
6. Posibilidad de evitar labores de cultivo sobre caballos de las plantas en líneas poco distanciadadas.
7. Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de auxilio.

8. Puede usarse para controlar heladas.
9. Buena distribución de los abonos líquidos.
10. Lavado de las hojas, favorable a la asimilación clorofílica.
11. Facilidad de uso de pequeños caudales.
12. Aumenta la humedad relativa del aire.
13. Puede usarse con ventaja en suelos poco profundos.

Desventajas: (1)

1. Gastan energía, sus plazos de amortización son más largos que en las obras de riego de superficie.
2. Puede ser de instalación inicial más cara.
3. No parece ser conveniente su empleo en climas extremadamente áridos, y con gran irradiación solar.
4. Un mal diseño puede causar daños al terreno por compactación y escorrentía superficial.
5. Si se riega con agua salina, hay la posibilidad de acumulación de sales en el suelo, y la necesidad de hacer riegos de lavado.
6. En general depende del equipo motobomba y, una avería no prevista puede dar al traste con una cosecha.
7. Puede dañar la fruta blanda. (4)

Modalidades del sistema de riego por aspersión.

Es tan grande su número que describirlas todas con detalle sería un trabajo inapropiado. Se podrían dividir los sistemas de riego por aspersión en cuatro grandes categorías:

- Sistemas Móviles.
- Sistemas Semifijos.
- Sistemas Fijos.
- Sistemas Especiales.

Sistemas Móviles:

El adjetivo que los califica explica ya bastante. Desde los grupos motobombas hasta los aspersores, nada es fijo. Su disposición suele adaptarse, casi siempre a este esquema: - Fuente de suministro de agua, pozo, río, pequeño embalse, etc. proporciona esta para la alimentación de una bomba (casi siempre única) que se mueve impulsada por un motor térmico. Pocas veces se usa la energía eléctrica en estos sistemas, debido a que su provisión cerca del grupo elevador es muy costoso. Los grupos de gasolina se usan en instalaciones pequeñas, porque la gasolina es cara.

El grupo motobomba se conecta a una tubería con acoplamientos rápidos dispuesta sobre el terreno. Esta tubería lleva el agua hasta los laterales con aspersores. El manejo del equipo exige mucho trabajo, pero tiene la ventaja de su enorme versatilidad.

Sistemas Semifijos:

Los sistemas semifijos se perfeccionan en los llamados de cobertura total. Consisten estos dispositivos en una red completa de tubos que cubre todo el terreno a regar. En los tubos existen porta aspersores sobre los que se sujeta el-

aspersor. De todo el sistema lo único que se desplaza son precisamente los aspersores.

Es un sistema muy adecuado para riego de cultivos altos que impiden el traslado de los tubos cuando las plantas es tan crecidas. En los sistemas móviles y semifijos, la disposi- ción que se adopte en la colocación de las tuberías móviles, - influye en el precio de la instalación y en la facilidad de su manejo.

Sistemas Fijos:

Los sistemas fijos precisan mano de obra con cierta - especialización que puede adquirirse rápidamente. El rendimien- to de la mano de obra no es muy alto y por esta razón se ha - llegado a los sistemas fijos y de cobertura total. En el siste- ma fijo, toda la red de tuberías es fija y suele estar enterra- da para no ofrecer obstáculos al laboreo.

En algunos sistemas intermedios - los fijos y semifijos, los aspersores se mueven como si se tratase de un sistema de cobertura total.

En los sistemas algo más perfectos, el aspersor es - también fijo. Sucesivas mejoras le colocan en un nicho enterra- do con tapa automática, que se abre en el momento del riego, - emergiendo el aspersor y desapareciendo nuevamente una vez - efectuado el riego. [4]

Sistemas Especiales:

Engloban bajo esta denominación a un conjunto de moda

lidades de riego por aspersión que, bajo diversas patentes, se han lanzado al mercado, para sustituir al riego por sistema fijo, a un precio más económico. Hay tuberías que se desplazan con lento movimiento uniforme, en sentido perpendicular a su eje. Otras tienen el mismo movimiento pero de forma intermitente.

Aquellas pivotean alrededor de un eje situado en un extremo, corrigiéndose automáticamente las desviaciones con respecto a una alineación prefijada. En éstas, el eje está situado en el centro de la tubería y todo el conjunto puede desplazarse montado en una torre con ruedas. Las de más allá están colocadas sobre un gran tractor con una motobomba que va tomando el agua de un canal, sobre el que se mueve. Tantas y tantas ideas plasmadas en enormes máquinas de regar, que alcanzan a veces 400 mts. o más de largo. Todas tienen un defecto fundamental y común: Si el terreno no es llano, no funciona bien.

De forma que una de las grandes ventajas del riego por aspersión, que es regar en cualquier sitio, no la poseen. Sin embargo, son equipos relativamente económicos que, en casos concretos, pueden dar buen resultado, por el ahorro de mano de obra que su empleo representa (4)

El aspersor tipo cañon tiene un radio de 30.48 mts. a 76.20 mts. El aspersor está soportado en el centro por una torre montada sobre un remolque. La torre sirve como pivote - -

para el cañon, el cuál rota una vez de cada 1 a 5 min. por la reacción del chorro de agua descargada por el aspersor. El aspersor es medido y espaciado al hacer una aplicación suave y uniforme de agua a una área circular por encima de 91.44 mts. de diámetro.

El aspersor tipo cañon usualmente descarga más de 375.84 lts/min. y es operado individualmente más bien que un sistema de laterales. Para determinar que en un sistema su operación sea económica y su eficiencia aceptable, la uniformidad de distribución en la porción central del terreno debe ser evaluada. Usando el sistema y un promedio bajo de 1/4 de los receptores de la prueba.

Este es un bajo pero típico valor, para muchos sistemas de irrigación con espaciamientos extensos entre aspersores. Es útil trazar la profundidad de los receptores en el terreno, contra la distancia de las líneas laterales. Se notará que los receptores colocados en la hilera media recibirán más agua sobre el promedio que los de la hilera central. Esto también indica que los espacios entre aspersores sobre los laterales fueron reducidos. [6]

Los sistemas de riego por aspersión consisten en aplicar el agua de riego tratando de simular las condiciones de una lluvia.

En los últimos años los sistemas de riego por aspersión se han diversificado mucho, aumentando notablemente su ver

satilidad de adaptación a las condiciones de clima, suelo y topografía.

Una de estas modalidades de los sistemas de riego por aspersión, son los aspersores gigantes de alta presión o cañones. Que compiten ventajosamente con el resto de las demás modalidades de riego por aspersión, por suponer una alta eficiencia de distribución de agua en el campo y una alta economía. Factores que intervienen en el diseño de riego por aspersión,

Los principales factores que influyen en el diseño de un sistema de riego por aspersión son, los del medio ambiente: Hidrología y Clima; Suelo, Topografía y Distribución de la Propiedad. Otro factor muy importante es el económico, además la cuestión laboral es otro factor a considerar.

Topografía:

Cuando se pretende hacer un proyecto de riego por aspersión, conviene disponer de un plano con curvas de nivel, entre mejor sea el plano más garantía habrá en cuanto al diseño del sistema. Para este tipo de trabajo se recomiendan planos de escala 1:5000, con curvas de nivel de 2mts. en 2mts.

Climatología:

Es muy conveniente un conocimiento profundo del clima de la región que va a regarse. Interesa sobretodo, conocer la distribución e intensidad de las precipitaciones para poder hacer el balance hídrico a lo largo del año.

Como en el cálculo de las evapotranspiraciones poten-

cialés se usan las temperaturas, es preciso tener un registro de ellas, conviene también conocer el número de horas luz a lo largo del año para averiguar la energía radiante a lo largo del mismo.

Edafología:

Tratándose de un proyecto de riego parece lógico que el estudio del suelo sea una de las bases principales en que debe apoyarse el proyectista. Es muy importante la velocidad de infiltración, Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente. En cuanto a su régimen de suministro y, las características del agua de riego.

En cuanto a suministro hay que examinar varios aspectos:

- a) Régimen de caudales.
- b) Horario del suministro.
- c) Variaciones en los meses de máximo consumo.
- d) Posibilidad de almacenamiento.

En cuanto a características de agua se estudia:

- a) Concentración total de sales.
- b) Concentración del Ion Sodio.
- c) Concentración de Iones de Calcio y Magnesio.
- d) Concentración del Ion Sodio en relación con las concentraciones del Calcio y Magnesio.
- e) Concentración del Ion Boro.
- f) Concentración de otras sustancias nocivas.

Suministro de agua:

Se refiere a las repercusiones que el cómputo de Recursos Hidráulicos tiene con respecto al proyecto. Hay dos cifras que nos interesa conocer con mayor exactitud: La cantidad total anual de agua que podemos disponer y la cantidad de agua que podemos utilizar en los períodos críticos.

La cantidad de agua que puede emplearse en los períodos críticos es el caudal tentativo asignado a una unidad de superficie.

Fuerza Motriz:

La mayor parte de las instalaciones de riego por aspersión necesitan de bombeo. Antes de acometer la solución de riego por aspersión. Las fuentes de energía más generalizadas son las líneas de energía térmica en forma de derivados de Hidrocarburos.

Desde luego lo más conveniente es disponer de energía eléctrica. Aunque su instalación es más cara, a largo plazo es lo más económico, la energía térmica se usa casi siempre en forma de combustóleo.

En los cálculos económicos del proyecto habrá que tener muy en cuenta las amortizaciones de los grupos, el consumo de energía, el entretenimiento en reparaciones y el riesgo de pérdidas por averías. [4]

Uniformidad de Distribución:

El posible grado de uniformidad depende primordialmente del modelo de distribución de riego de los aspersores y de

su espaciamiento.

Los factores para una buena distribución de riego son:

- a) Presión de operación apropiada para los tamaños de boquillas seleccionadas.
- b) Ausencia de viento.

El viento distorsiona el modelo de dispersión y, conforme aumenta su velocidad, se incrementa dicha distorsión. La lámina aplicada a una área que circunda un aspersor rotativo va disminuyendo conforme aumenta la distancia. Por lo tanto para obtener un grado razonable alto de uniformidad en la aplicación, deberá agregarse agua procedente de los aspersores adyacentes. (2)

Por lo tanto los distintos espaciamientos dan por resultado diferentes grados de uniformidad. En todos los aparatos de chorro no se puede obtener un reparto uniforme a lo large del mismo. El máximo de agua se encuentra en general junto al aparato, para disminuir progresivamente a medida que se aleja de él.

Sin embargo, conviene hacer notar que si la uniformidad de reparto depende en gran medida de la concepción de los aparatos, es igualmente función de la presión de operación, de la separación de los aspersores y, del caudal. (4)

Métodos para evaluar la uniformidad en la distribución del agua en el sistema de riego por aspersión.

El coeficiente de uniformidad puede calcularse mediante un gran número de fórmulas que son: Bielaiev y Lebediev, Valducci, Bournas, Servicio de Conservación de Suelos de los U.S.A. [2] No obstante la más utilizada es la Christiansen:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum y}{Mn} \right)$$

En la que:

CU= Coeficiente de Uniformidad.

y= Diferencia entre la pluviometría recogida en cada uno de los pluviómetros colocados en la superficie elemental y la pluviometría media. (ml)

$\sum y$ = Suma de todas las diferencias y.

Mn= Pluviometría media observada, multiplicada por el número de pluviómetros. (ml)

El coeficiente de uniformidad varía de 100% para una uniformidad perfecta a 55-60% para coeficientes medios o malos. El inconveniente de esta fórmula es la dificultad de comparar entre sí dos aparatos que tienen coeficientes bastante próximos uno del otro, la escala de graduación es muy corta (60-100)

El centro de Investigaciones y Experimentación de Ingeniería Rural de España, propone la fórmula siguiente donde la

oscilación es más abierta, [2]

$$CU = 100 \left[\frac{H_o}{H_m} \times \frac{s}{S} \right]$$

En la que:

H_o = Altura pluviométrica recogida en el área regada, [mm]

H_m = Altura pluviométrica media caída en el área. [mm]

S = Superficie total del área, [M²]

s = Superficie del área que recibe el 80% a 120% de la altura pluviométrica media. [M²]

CU = Coeficiente de Uniformidad.

CU = 100% reparto perfecto.

CU ≤ 50% mal reparto.

CU = 75% reparto medio.

CU > 75% buen reparto.

Son aceptables los coeficientes de uniformidad posible bajo las condiciones existentes de operación. Son aceptables los coeficientes de uniformidad de 85% o más.

Si no se tienen datos sobre coeficientes de uniformidad el siguiente criterio de espaciamiento máximo económico deberá aplicarse en todos los sistemas de aspersión:

- A) Para aspersiones de presión baja moderada e intermedia, el espaciamiento a lo largo de las líneas laterales "Si" no deberá exceder el 50% del diámetro de riego, como se aconseja en las tablas de funcionamiento que proporcionan los fabricantes cuando el aspersor se acciona a la presión óptima.

El espaciamiento de los laterales a lo largo de la línea principal "Sm" no deberá exceder el 60% de dicho diámetro de riego. Donde es probable que soplen vientos, el espaciamiento "Sm" deberá reducirse al 50%, para velocidades promedio de 5 a 10 millas por hora o más.

- B) Para aspersores de alta presión y para el tipo hidráulico gigante, "la distancia máxima (diagonal) entre dos aspersores situados en tuberías laterales adyacentes, no deberá exceder 2/3 del diámetro de riego, en condiciones favorables de operación." (2)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental.

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Marín, N. L., entre el 28 de Enero y 15 de Febrero de 1982. La ubicación geográfica de dicho predio se encuentra entre los $25^{\circ}53'$ de latitud Norte y $100^{\circ}03'$ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y, a una altitud de 367,3 m.s.n.m.

El objetivo de este trabajo es evaluar la uniformidad de distribución de la precipitación, de un solo aspersor tipo cañon, marca Nelson, modelo H-D781367 con el cual se riega el campo deportivo de Esta Facultad.

Clasificación del clima y condiciones meteorológicas.

El clima de la región según la clasificación de - - - Koppen, modificada a las condiciones de la República Mexicana por Enriqueta García [5] es del tipo semiárido BSI (h) y (e); con temperaturas medias anuales mayores de 22°C . y la de los meses más fríos menores a 18°C . siendo extremas con oscilación mayor a los 14°C . entre el día y la noche; con precipitaciones promedio anuales de 500 mm. con una máxima de 600 mm. y una mínima de 200 mm. donde la porción más significativa de la precipitación anual acaese de Agosto a Octubre, y las eventuales lluvias en los meses restantes no son de importancia. La nubosidad oscila entre los 90 y 110 días del año, correspon-

dientes al período de los meses húmedos o lluviosos; los vientos son masas de aire marítimo tropical provenientes del Noreste y del Norte, cuyas intensidades respectivas son alrededor de 20 Kms./hora. (7)

Materiales usados;

1. Aspersor tipo cañon, marca Nelson modelo H-D781362.
2. Cronómetro.
3. Probeta graduada de 100 ml.
4. 120 botes de 1000 ml.
5. Tránsito, balizas, cinta y estacas.

Descripción de la metodología empleada.

En primer término se procedió al levantamiento de la cuadrícula de apoyo para la ubicación de los botes receptores de la precipitación, usando para este fin; tránsito, balizas, cinta y estacas.

El espaciamiento entre los botes receptores fué el 6m. X 6m. tratando de que la medición de la lámina total precipitada durante la prueba, fuera lo más representativa posible. La colocación de los botes en el campo se realizó tratando de que la superficie receptora estuviera lo más nivelada posible.

El aspersor evaluado fué el tipo gigante de alta presión o cañon modelo H-D781362; en la figura No. 1 se muestra el croquis de campo donde se muestra la ubicación de la bomba, tubería, aspersor y los botes receptores durante la evaluación.

En la tabla 1 se proporcionan los detalles de las con

diciones de operación del aspersor y las condiciones climatológicas, durante la realización de la prueba.

La prueba tuvo una duración total de 90 min., en la cual se estuvo tomando a intervalos regulares el tiempo de giro del aspersor, por cuadrante, para estimar si la velocidad de giro del aspersor, fue uniforme durante la prueba. Al final de la prueba se procedió a la medición del volumen de agua captado por los botes, por medio de una probeta de 100 ml.

Con los resultados de la lámina total de agua captada durante la prueba y conocido como patrón simple de aspersión (P.S.A.) representados en la tabla 2, se procedió a calcular el patrón de traslape de aspersión (P.T.A.) para el espaciamiento máximo recomendado por el Departamento de Conservación de Suelos de U.S.A. (2) para aspersores de alta presión de tipo cañon (o gigante). Mostrado en la tabla 3 del apartado "A" del apéndice.

La secuencia de cálculo para la obtención del patrón de traslape de aspersión (P.T.A.) se explica en detalle en el apartado "B" del apéndice.

Con los resultados de la lámina total de agua precipitada mostrados en la tabla 2, se calculó el coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard; para los valores obtenidos de lámina captada por cuadrante, así como para el total de los valores observados. La secuencia de cálculo para la obtención de dichos coeficientes se detalla en el apartado "C" del

apendice.

En base a los valores de lámina total captada durante la prueba y con los tiempos de giro del aspersor por cuadrante, se obtuvieron los valores de intensidad de precipitación - mostrados en la tabla 4 del apartado "A" del apendice, así como el valor promedio de gasto del aspersor detallada en el - o apartado "D" del apendice.

RESULTADOS Y DISCUSION

Discusión de resultados:

Los resultados concretos de este trabajo son presentados por medio de tablas y figuras en el apartado "A" del apéndice. Entre lo que es digno de mencionar lo siguiente:

En la tabla 1 se muestran las condiciones de operación del aspersor y condiciones climatológicas durante la realización de la prueba, cabe destacar en este punto lo siguiente:

No se cuenta con el reporte técnico del diseño, instalación y operación del aspersor evaluado por parte de la compañía vendedora. Por lo que resulta imposible comparar los valores actuales de operación del aspersor evaluado, con respecto a sus valores de diseño. Según Merrin [6] los aspersores de tipo cañon tienen un alcance que oscila entre los 30m. y 75m. y descarga usualmente un gasto de 375 lts./min. y es operado individualmente más bien que un sistema de laterales. De acuerdo a los resultados de la prueba, el aspersor evaluado tiene un radio de acción de 30 mts. es decir, el espaciamiento mínimo recomendado, y una descarga de 103.2 lts./min. muy por debajo de la descarga normal de operación. Al menos la operación del aspersor es individual más que un sistema de laterales fijo.

También es importante aclarar que durante la realización de la prueba, no hubo influencia del viento. Los valores obtenidos de intensidad promedio de precipitación: 0.478 mm/hr. y el valor promedio de lámina total precipitada durante la prueba: 7.17 mm. durante los 90 min; son desusualmente bajos. La determinación de dichos valores se muestran en la tabla 5 y en el apartado "D" del apéndice respectivamente. Todo esto hace suponer que el aspersor evaluado está operando a muy baja presión.

En la tabla 3 y 4 se muestra el patrón simple de aspersion (P.S.A.) obtenido durante la prueba y, el patrón de traslape de aspersion (P.T.A.) que se obtendría con un espaciamiento 30m. X 30m. atendiendo a las recomendaciones del Departamento de Conservación de Suelos de los U.S.A. De acuerdo a los resultados de la determinación del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard, mostrados en el apartado "C" del apéndice, puede concluirse que a dicho espaciamiento se obtienen buenos resultados.

Sin embargo, dichos resultados fueron obtenidos en base a una prueba en la que no hubo influencia del viento. Por otra parte dicho espaciamiento resulta antieconómico.

Discusión de la metodología empleada.

El presente trabajo se efectuó entre el 28 de Enero y 15 de Febrero de 1982, es decir 17 días efectivos para su realización práctica y escrito, por lo que se tuvieron grandes limitaciones

en cuanto a tiempo y la adquisición de los materiales para realizar la prueba. Sin embargo, es conveniente hacer las siguientes observaciones y recomendaciones para ulteriores trabajos con respecto a la metodología empleada en este trabajo:

1. La prueba de la distribución de la lámina total precipitada en este trabajo se realizó en ausencia de las condiciones de velocidad y dirección de viento predominadas en la región. Lo que es recomendable tomar en cuenta para ulteriores trabajos.
2. No fué posible en este trabajo, medir o estimar la presión de operación del aspersor. Considerese que puede obtenerse diferentes patrones de traslape a diferentes presiones.
3. En la forma como se obtuvo el gasto promedio del aspersor (vea apartado "D" del apéndice) no se consideró la posible influencia de la lámina de agua que se evapora directamente a la atmósfera. Por lo que se sugiere se siga una alternativa de medición del volumen total descargado por el aspersor en forma directa, y así poder estimar la cantidad de agua que se evapora.
4. El hecho de considerar la velocidad de giro del aspersor por cuadrante durante la prueba resultó provechosa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A) Conclusiones:

1. La velocidad de giro del aspersor durante la prueba fué constante. Por lo que se puede concluir que las desviaciones con respecto a la media de los valores de la lámina de agua total precipitada durante la prueba, no son debidas a fallas mecánicas.
2. La recomendación hecha por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A. (2) en el sentido de que el espaciamiento máximo entre aspersores de alta presión del tipo cañon o gigante parece acertada. Sin embargo, bajo las condiciones en que se llevó a cabo la prueba en el presente trabajo, dejaron mucho que desear. Por lo que se dan las siguientes:

B) Recomendaciones:

1. Exigir a las compañías vendedoras y distribuidoras de equipos de aspersión, el reporte técnico del diseño, instalación y operación, para poder comparar los valores actuales de operación con los valores de diseño.
2. Realizar las pruebas de evaluación bajo las condiciones climatológicas y de operación, más exigentes; máxima demanda del cultivo, de evaporación -

y/o intensidad de viento,

3. Realizar varias pruebas de patrón simple de aspersión correspondientes a diferentes incrementos y decrementos de presión con respecto al valor de presión, de diseño recomendado.

R E S U M E N

El presente trabajo se realizó en el campo deportivo, de la Facultad de Agronomía, de la U.A.N.L. en Marín, N. L. durante el período comprendido del 28 de Enero al 15 de Febrero de 1982.

El objetivo fue, estimar la uniformidad de aplicación de un aspersor tipo cañon, en base a un patrón simple de aspersión. Se utilizó un arreglo de cuadrícula, para la ubicación de los botes receptores, a un espaciamiento de 6m. X 6m. entre botes. La prueba tuvo una duración de 90 min. en donde se tomó a intervalos regulares, el tiempo de giro del aspersor por cuadrante, dando un total de tiempo de 6 min. por giro completo, concluyéndose que el aspersor está trabajando a baja presión.

Se determinó el patrón de traslape de aspersión [P.T.A.] a 30 m. X 30 m. en base al patrón simple de aspersión [P.S.A.] de la prueba y de acuerdo a los resultados obtenidos de la determinación del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard, puede concluirse que a dicho espaciamiento se obtienen buenos resultados.

B I B L I O G R A F I A

1. Deloye, M. Rebour, H. 1971, *El riego*. p.p. 82, 83, Ediciones Mundí-Prensa, Madrid.
2. Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A. 1974. *Sprinkler Irrigation*. p.p. 14, 21 - 30.
3. De Saint J. d'at. 1975, *Riego por Aspersión*. p.p. 161, 164. Editores y Técnicos Asociados. Barcelona.
4. Gómez Pompa, P. 1974. *La Técnica y la Tecnología del Riego por aspersión*. p.p. 7 - 9. 81 - 89. Editorial Heroes, S.A. Madrid.
5. García, E. *Sistemas de Clasificación de Clima U.N.A.M.*
6. Merrin, Keller. *Evaluación de Sistemas de Riego*. p.p. 111, 119.

TABLA 1 Condiciones de operación del aspersor y condiciones climatológicas durante la realización de la prueba.

Localización: MARIN, N. L. F.A.U.A.N.L. Km. 17 Carretera Ma-
rin - Zuazua.

Fecha: 28 de Enero de 1982.

Aspersor: Marca Nelson. Modelo: H-D781362.

Espaciamiento: 1 sólo aspersor (P.S.A.)

Duración de la prueba: 90 minutos.

Valores de diseño: Descarga: _____

Presión: _____

Intensidad promedio de precipitación:

_____ mm/hr.

Diámetro húmedo: _____

Valores actuales de operación:

Descarga: 6,19m³/hr.

Presión: _____

Intensidad promedio de precipitación:

0,478 mm/hr.

Diámetro húmedo: 60 m.

Cróquis de la prueba (ver fig. 1)

Valor promedio captado de lámina total precipitada durante la prueba:

7.17 mm.

Comentarios: No hubo viento.

TABLA 2. VALORES DE LAMINA TOTAL PRECIPITADA EN CM. DURANTE LA PRUEBA Y CONOCIDO COMO PATRON SIMPLE DE ASPERSION . (P . S . A .)

BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	
A-1	0	B-1	.663	C-1	.729	D-1	.928	E-1	.928	F-1	.795	G-1	.928	H-1	.729	I-1	.928	J-1	.530	K-1				.132
A-2	.530	B-2	.663	C-2	.663	D-2	.928	E-2	.795	F-2	.795	G-2	.795	H-2	.928	I-2	1.061	J-2	.928	K-2				.397
A-3	.795	B-3	.663	C-3	.663	D-3	.663	E-3	.663	F-3	.663	G-3	.663	H-3	.795	I-3	.928	J-3	.795	K-3				.530
A-4	1.061	B-4	.928	C-4	.944	D-4	.944	E-4	.994	F-4	.596	G-4	.663	H-4	.663	I-4	.795	J-4	.795	K-4				.663
A-5	.591	B-5	1.326	C-5	1.260	D-5	.795	E-5	.663	F-5	1.192	G-5	.663	H-5	.729	I-5	.663	J-5	.795	K-5				.795
A-6	.595	B-6	1.790	C-6	2.188	D-6	.136	E-6	1.459	F-6		G-6	.928	H-6	.663	I-6	.663	J-6	.795	K-6				.663
A-7	1.061	B-7	1.459	C-7	1.260	D-7	.795	E-7	.663	F-7	.663	G-7	.663	H-7	.663	I-7	.928	J-7	.928	K-7				.663
A-8	.795	B-8	1.061	C-8	.928	D-8	.663	E-8	.530	F-8	.530	G-8	.530	H-8	.596	I-8	.663	J-8	.795	K-8				.729
A-9	.530	B-9	.795	C-9	.795	D-9	.530	E-9	.397	F-9	.397	G-9	.530	H-9	.596	I-9	.663	J-9	.663	K-9				.530
A-10	0	B-10	.397	C-10	.663	D-10	.530	E-10	.397	F-10	0	G-10	.530	H-10	.397	I-10	.596	J-10	.663	K-10				.530
A-11	0	B-11	0	C-11	.265	D-11	.397	E-11	.397	F-11	.530	G-11	.596	H-11	.265	I-11	.265	J-11	.132	K-11				0

TABLA 3.- Patrón de traslape de aspersion (P.T.A.) obtenido en base al patrón simple de aspersion (P.S.A.) y con el espaciamiento máximo recomendado por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	2.39	4.309	4.309	3.895	3.712	3.185	4.309	4.309	3.845	3.712	1.59
2	3.049	3.58	3.514	3.712	3.314	4.109	3.58	3.514	3.712	3.314	2.518
3	2.783	2.917	2.982	2.917	2.783	4.042	2.917	2.982	2.917	2.783	2.452
4	2.584	2.916	3.048	2.982	2.849	3.777	2.916	3.048	2.982	2.849	2.186
5	2.783	2.916	3.049	2.584	2.518	4.108	2.916	3.049	2.584	2.518	2.517
6	2.92	4.905	4.11	3.629	3.711	3.715	5.17	4.11	3.579	3.313	2.253
7	3.049	3.58	3.514	3.712	3.314	3.579	3.58	3.514	3.579	3.182	2.386
8	2.783	2.917	2.982	2.917	2.783	3.247	2.917	2.982	3.05	2.65	2.319
9	2.584	2.916	3.048	2.982	2.849	2.716	2.916	3.048	3.115	2.252	1.987
10	2.783	2.783	3.049	2.584	2.518	4.108	2.916	3.049	2.716	2.254	1.325
11	2.125	3.314	3.381	2.651	2.783	2.788	3.314	3.391	2.651	1.721	1.723

TABLA 4.- TIEMPOS DE GIRO DEL ASPERSOR POR CUADRANTE Y VALORES DE LA INTENSIDAD DE PRECIPITACION OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA .

INICIO	CUADRANTE I		CUADRANTE II		CUADRANTE III		CUADRANTE IV		TIEMPO TOTAL DE GIRO DEL ASPERSOR (Min.)
	HORA	ΔT (Min)	HORA	ΔT (Min)	HORA	ΔT (Min)	HORA	ΔT (Min)	
8 : 30	8 : 32	2	8 : 34	2	8.35.30	1.30	8 : 37	1.30	7
		1.30		1.30		1.30		1.30	6
*									6
*									6
*									6
10 : 00	9.55.30	1.30	9 : 57	1.30	9.58.30	1.30	10 : 00	1.30	6

* El tiempo de giro del aspersor por cuadrante durante la prueba despues del primer giro fue de 1. 30".

Tabla de Valores de la Intensidad de Precipitación obtenidos durante la prueba.

CUADRANTE I						CUADRANTE II															
BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h								
F-1	.530	G-1	.618	H-1	.486	I-1	.618	J-1	.358	K-1	.088	A-1	0	B-1	.442	C-1	.486	D-1	.618	E-1	.618
F-2	.530	G-2	.530	H-2	.618	I-2	.707	J-2	.618	K-2	.264	A-2	.357	B-2	.442	C-2	.442	D-2	.618	E-2	.530
F-3	.442	G-3	.442	H-3	.530	I-3	.618	J-3	.530	K-3	.357	A-3	.530	B-3	.442	C-3	.442	D-3	.442	E-3	.442
F-4	.397	G-4	.442	H-4	.442	I-4	.530	J-4	.530	K-4	.442	A-4	.707	B-4	.618	C-4	.662	D-4	.662	E-4	.662
F-5	.795	G-5	.442	H-5	.486	I-5	.486	J-5	.442	K-5	.530	A-5	1.060	B-5	.884	C-5	.840	D-5	.530	E-5	.442
												A-6	1.016	B-6	1.193	C-6	1.458	D-6	.884	E-6	.972
CUADRANTE III						CUADRANTE IV															
BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h	BOTE	Cm/h								
A-7	.707	B-7	.972	C-7	.840	D-7	.530	E-7	.442	F-7	.442	G-6	.618	H-6	.442	I-6	.442	J-6	.530	K-6	.442
A-8	.530	B-8	.707	C-8	.618	D-8	.442	E-8	.357	F-8	.353	G-7	.442	H-7	.442	I-7	.618	J-7	.618	K-7	.442
A-9	.353	B-9	.530	C-9	.530	D-9	.353	E-9	.264	F-9	.264	G-8	.353	H-8	.397	I-8	.442	J-8	.530	K-8	.486
A-10	0	B-10	.264	C-10	.442	D-10	.353	E-10	.264	F-10	0	G-9	.353	H-9	.397	I-9	.442	J-9	.442	K-9	.353
A-11	0	B-11	0	C-11	.176	D-11	.264	E-11	.264	F-11	.353	G-10	.353	H-10	.264	I-10	.397	J-10	.442	K-10	.353
												G-11	.397	H-11	.176	I-11	.176	J-11	.088	K-11	0

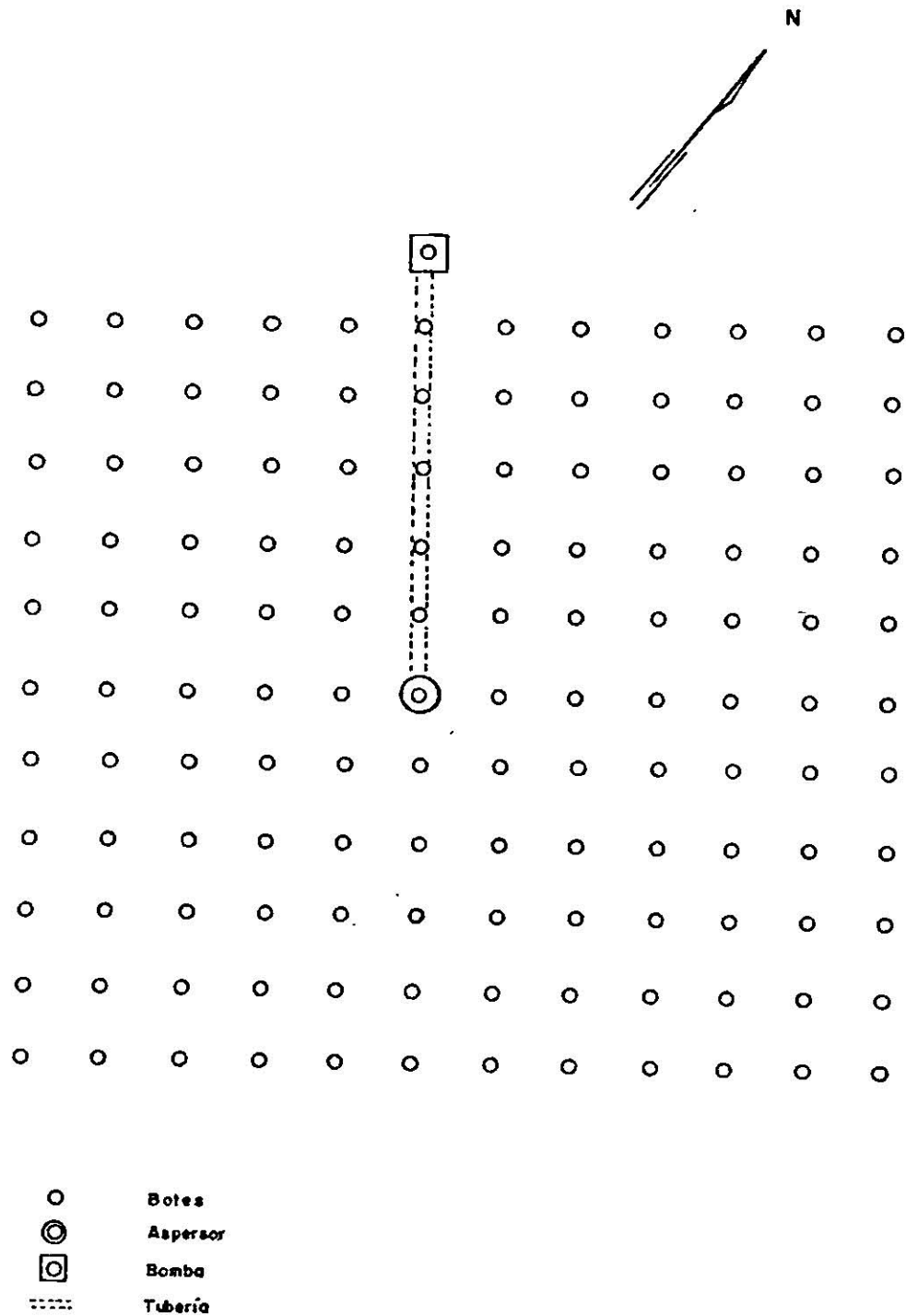


FIGURA 1 . CROQUIS DE LA UBICACION DE LA BOMBA , TUBERIA, ASPERSOR Y BOTES RECEPTORES DURANTE LA EVALUACION .

CUADRANTE II						CUADRANTE I					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	0	.663	.729	.928	.928	.795	.928	.729	.928	.53	.132
2	.53	.663	.663	.928	.795	.795	.795	.928	1.061	.928	.397
3	.795	.663	.663	.663	.663	.663	.663	.795	.928	.795	.53
4	1.061	.928	.994	.994	.994	.596	.663	.663	.795	.795	.663
5	1.595	1.32	1.26	.795	.663	1.192	.663	.729	.663	.795	.795
6	1.595	1.79	2.08	1.326	1.459	0	.928	.663	.663	.795	.663
7	1.061	1.459	1.26	.795	.663	.663	.663	.663	.928	.928	.663
8	.795	1.061	.928	.663	.530	.530	.530	.596	.663	.795	.729
9	.530	.795	.795	.530	.397	.397	.530	.596	.663	.663	.53
10	0	.397	.663	.530	.397	0	.530	.397	.596	.663	.530
11	0	0	.265	.397	.397	.530	.596	.265	.265	.132	0

CUADRANTE III

CUADRANTE IV

+ PLUVIOMETRO

⊙ ASPERSOR

VALOR DE LA LAMINA PROMEDIO = 7.175 m.m.

FIGURA 2. REPRESENTACION GRAFICA DEL PATRON SIMPLE DE ASPERSION (P.S.A) OBTENIDO DURANTE LA PRUEBA. LOS VALORES SE EXPRESAN EN CMS.

APARTADO "B"

Secuencia de cálculo para la obtención del patrón de traslape de aspersión (P.T.A.) recomendado por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A. en base al patrón simple de aspersión.

La recomendación hecha por el Departamento de Conservación de Suelos de los E.U.A. para los aspersores de alta presión y para el tipo hidráulico gigante dice textualmente: "La distancia máxima [diagonal] entre dos aspersores situados en tuberías laterales adyacentes, no deberá exceder $2/3$ del diámetro de riego en condiciones favorables de operación".

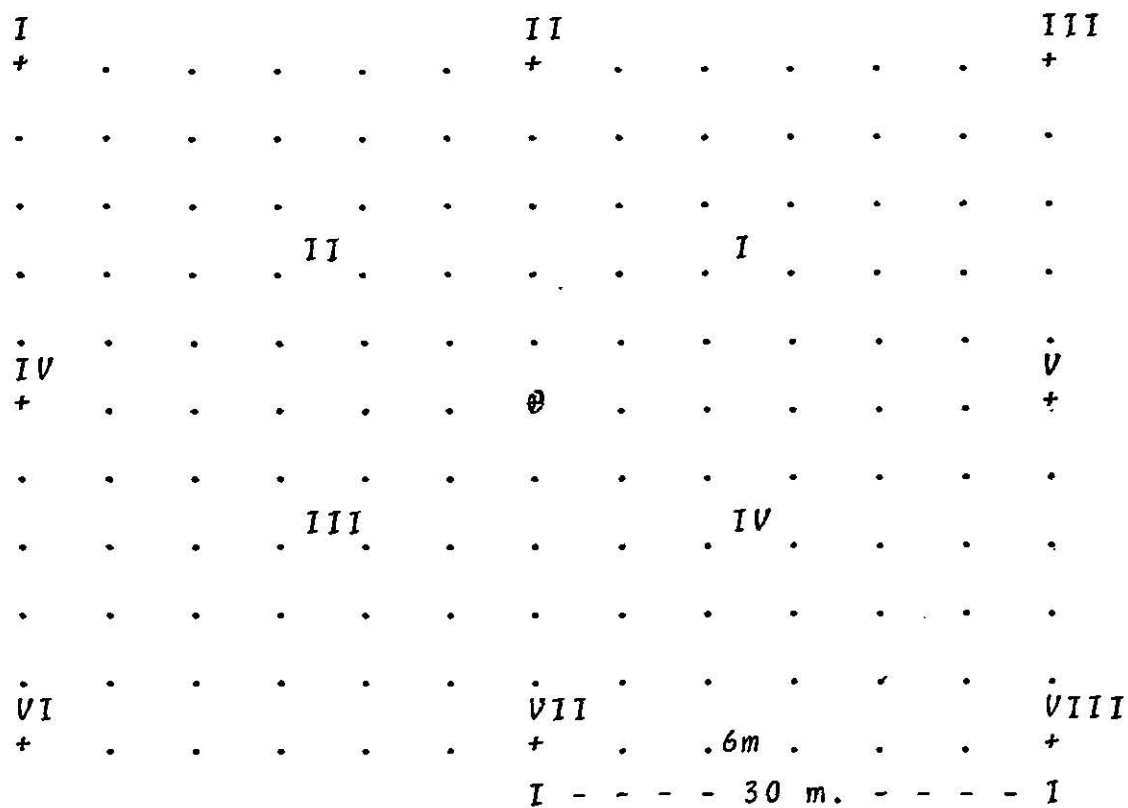
Para las condiciones de operación de la prueba (ver tabla 1) se obtuvo un diámetro de riego máximo de 60 mts. (ver figura 2). Por lo tanto la distancia máxima diagonal entre aspersores situados en laterales adyacentes de acuerdo a la premisa anterior es de 40 m. Por tanto y, suponiendo un espaciamiento entre laterales iguales al espaciamiento entre aspersores y entre laterales es de 30 m. aproximadamente.

Se conoce como patrón simple de aspersión (P.S.A.) a los valores captados de lámina total precipitada por los pluviómetros colocados en un determinado arreglo de cuadrícula durante una prueba de distribución de la precipitación, de un sólo aspersor, bajo las condiciones normales de operación; tal y como se muestra en la figura 2.

Como patrón de traslape de aspersión (P.T.A.) se cono-

ce al arreglo sistemático de los valores de precipitación obtenidos durante una prueba de patrón simple de aspersión, a un espaciamiento determinado entre laterales y aspersores. Y supone que son los valores de lámina total precipitada que se obtendrán a dicho espaciamiento.

Para ilustrar lo anterior, supongase un espaciamiento entre aspersores y laterales de 30 m. de acuerdo a lo anteriormente expuesto:

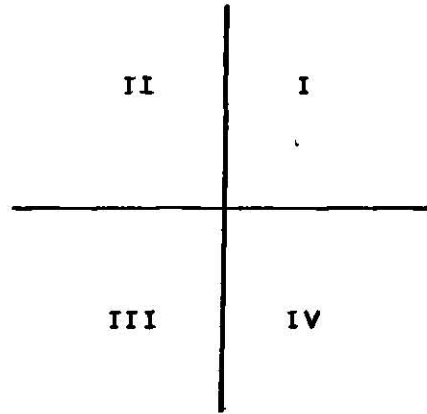


⊙ Aspersor Central.

. Pluviometro.

+ Aspersores Laterales.

Suponga también que la distribución de los aspersores tanto el central como los adyacentes tienen un P.S.A. - - igual al mostrado en la figura 2 y dividido en cuatro cuadrantes:



Entonces la aportación de agua recibida en el primer cuadrante del aspersor central es la suma de las aportaciones:

- 1.- Cuadrante del aspersor central.
- 4.- Cuadrante del aspersor adyacente II.
- 3.- Cuadrante del aspersor adyacente III.
- 2.- Cuadrante del quinto aspersor adyacente.

Aún más, si se traslapan correctamente los valores pluviométricos de los 4 aspersores se podrán obtener los valores acumulados de lámina precipitada durante la prueba para cada estación pluviométrica tal y como se muestra en el diagrama siguiente:

G-1	0.928
G-6	0.928
B-6	1.790
B-1	0.863
P.T.A.	4.309

= CUADRO B-1 DE TABLA 3.

De la misma forma podrán obtener los valores de lámina total precipitada para cada pluviometro en el resto de los caudales y obtener el patrón de traslape de aspersion mostrado en la tabla 4.

Similares patrones de traslape de aspersion (P.T.A.)- podrán ser obtenidos para diferentes espaciamientos entre aspersores y laterales y a diferentes presiones de operación que sean multiples y submultiplos del arreglo de cuadrícula para la prueba del patrón simple de aspersion. (P.S.A.).

APARTADO "C"

Secuencia de cálculo para la obtención del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard por cuadrante y para el total de los valores observados.

CUADRANTE I											
BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.
F-1	.075	G-1	1.049	H-1	1.309	I-1	.585	J-1	.452	K-1	1.67
F-2	.849	G-2	.320	H-2	.254	I-2	.452	J-2	.054	K-2	.742
F-3	.782	G-3	.343	H-3	.278	I-3	.343	J-3	.477	K-3	.808
F-4	.517	G-4	.344	H-4	.212	I-4	.278	J-4	.411	K-4	1.074
F-5	.848	G-5	.344	H-5	.211	I-5	.676	J-5	.742	K-5	.743
F-6	.455	G-6	1.91	H-6	.85	I-6	.319	J-6	.053	K-6	1.0

$\bar{y} = 21.829$
 $\bar{x} = 3.26$
 $CU = 81.399$

CUADRANTE II									
BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.
A-1	.835	B-1	1.309	C-1	1.309	D-1	.67	E-1	.487
A-2	.176	B-2	.355	C-2	.289	D-2	.487	E-2	.089
A-3	.442	B-3	.308	C-3	.243	D-3	.308	E-3	.442
A-4	.641	B-4	.309	C-4	.177	D-4	.243	E-4	.376
A-5	.442	B-5	.309	C-5	.176	D-5	.641	E-5	.707
A-6	.305	B-6	1.68	C-6	.885	D-6	.404	E-6	.486

$\bar{y} = 15.53$
 $\bar{x} = 3.255$
 $CU = 84.096$

CUADRANTE III									
BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.
A-7	.093	B-7	.624	C-7	.558	D-7	.756	E-7	.358
A-8	.442	B-8	.039	C-8	.026	D-8	.039	E-8	.173
A-9	.641	B-9	.040	C-9	.092	D-9	.026	E-9	.107
A-10	.442	B-10	.442	C-10	.093	D-10	.372	E-10	.438
A-11	.831	B-11	.358	C-11	.425	D-11	.305	E-11	.173

$\bar{y} = 7.137$
 $\bar{x} = 2.956$
 $CU = 90.342$

continúa APARTADO "C"

CUADRANTE IV											
BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.	BOTE	Cm.
F-7	.178	G-7	.177	H-7	.243	I-7	.178	J-7	.579	K-7	1.377
F-8	.510	G-8	.840	H-8	.775	I-8	.707	J-8	1.107	K-8	1.438
F-9	1.041	G-9	.841	H-9	.709	I-9	.642	J-9	1.509	K-9	1.770
F-10	.351	G-10	.841	H-10	.708	I-10	1.041	J-10	1.503	K-10	2.432
F-11	.969	G-11	.443	H-11	.376	I-11	1.106	J-11	2.034	K-11	2.034

 $\approx y=28.447$ $\bar{X}=3.757$ $Cu=74.760$

Secuencia de cálculo para la obtención del coeficiente de uniformidad de Christiansen y Hard para el total de los valores observados.

BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.	BOTE	LAMINA cm.
A-1	.674	B-1	1.245	C-1	1.245	D-1	.831	E-1	.450	F-1	.121	G-1	1.245	H-1	1.245	I-1	.781	J-1	.648	K-1	1.474
A-2	.015	B-2	.516	C-2	.450	D-2	.648	E-2	.250	F-2	1.045	G-2	.516	H-2	.450	I-2	.648	J-2	.250	K-2	.546
A-3	.281	B-3	.147	C-3	.082	D-3	.516	E-3	.281	F-3	.978	G-3	.147	H-3	.082	I-3	.147	J-3	.281	K-3	.612
A-4	.480	B-4	.148	C-4	.016	D-4	.082	E-4	.215	F-4	.713	G-4	.148	H-4	.016	I-4	.082	J-4	.215	K-4	.878
A-5	.281	B-5	.148	C-5	.015	D-5	.480	E-5	.546	F-5	1.044	G-5	.148	H-5	.015	I-5	.480	J-5	.546	K-5	.547
A-6	.144	B-6	1.841	C-6	1.046	D-6	.565	E-6	.647	F-6	.651	G-6	2.106	H-6	1.046	I-6	.515	J-6	.249	K-6	.811
A-7	.015	B-7	.516	C-7	.450	D-7	.648	E-7	.250	F-7	.515	G-7	.516	H-7	.450	I-7	.515	J-7	.118	K-7	.678
A-8	.281	B-8	.147	C-8	.082	D-8	.516	E-8	.281	F-8	.183	G-8	.147	H-8	.082	I-8	.014	J-8	.414	K-8	.745
A-9	.480	B-9	.148	C-9	.016	D-9	.082	E-9	.215	F-9	.348	G-9	.148	H-9	.016	I-9	.051	J-9	.812	K-9	1.077
A-10	.281	B-10	.281	C-10	.015	D-10	.480	E-10	.546	F-10	1.044	G-10	.148	H-10	.016	I-10	.348	J-10	.812	K-10	1.739
A-11	.939	B-11	.250	C-11	.317	D-11	.413	E-11	.281	F-11	1.276	G-11	.250	H-11	.317	I-11	.413	J-11	.721	K-11	1.341

APARTADO "D"

Cálculo del gasto promedio del aspersor durante la prueba.

Como se muestra en la tabla 1 el valor promedio de la lámina total precipitada durante la prueba fué de: 7.175 mm.

El área de influencia del aspersor es de: 36m. X 36m. = 1,296 m².

El volumen total durante la prueba es: 1,296 m² X 0.007175 m.
esto es igual a 9.2988 m³. = 6.1992 m³/h.

El gasto sería:

$$Q = \frac{\text{Vol.}}{\text{Tiempo}} = \frac{9.2988 \text{ m}^3}{90 \text{ min.} \times 60 \frac{\text{seg.}}{\text{min.}}} = 0.001722 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

esto es igual a 1.722 lts/ség. X 60 ség./min. = 103.32 lts./min.

