

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE
UNIFORMIDAD (Cu), EN DIFERENTES TIPOS DE
ASPERSORES PARA GENERAR DATOS
PRELIMINARES DE DISEÑO EN SISTEMAS DE
RIEGO POR ASPERSION**

POR:

ELI ROLANDO ALVAREZ MERINO

NELSON BERNABE GRANADOS ALVARADO

OZIEL ROSALES GARCIA

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 1994.

T-4/ES
1304
A473d
1994



001203

Ej 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

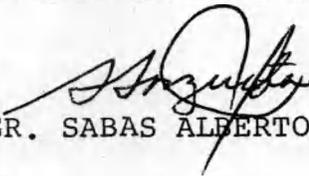
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO: ING. AGR. GINO ORLANDO CASTILLO BENEDETTO

d) Pos la Secretaria de la Fac. de C.C. A.A. Enero/95.

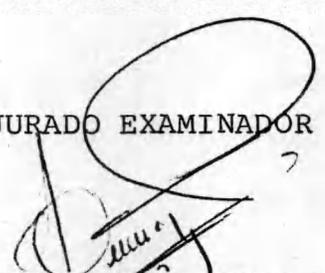
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

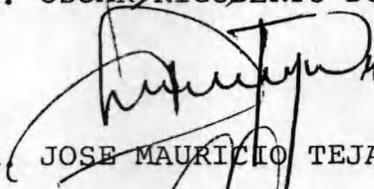

ING. AGR. SABAS ALBERTO ARGUETA

ASESOR :


ING. AGR. ALIRIO EDMUNDO MENDOZA

JURADO EXAMINADOR :


ING. AGR. OSCAR RIGOBERTO DUEÑAS PEÑATE


ING. AGR. JOSE MAURICIO TEJADA ASECIO


ING. AGR. CARLOS ARMANDO VILLALTA RODRIGUEZ

RESUMEN

En el país existen 264,000 Há con aptitud para riego, no obstante, sólo unas 35,000 Há están siendo regadas; esta área puede incrementarse sustancialmente por sistemas presurizados como el riego por aspersión. Sin embargo, en este sistema se tiene el problema de que en la etapa de diseño, no se puede determinar con exactitud el espaciamiento entre aspersores y entre laterales que garanticen un grado de uniformidad que cumpla con los criterios prácticos de diseño.

Lo anterior motivó a realizar una evaluación técnica a diferentes marcas de aspersores comerciales de presión intermedia (30 a 60 PSI), en base al Coeficiente de Uniformidad (Cu).

El ensayo se realizó en la Estación Experimental y de - Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Jurisdicción de San Luis Talpa, Departamento de La Paz.

El método empleado fué el del aspersor único, trabajando bajo tres diferentes presiones de operación (40, 50 y 60 PSI), y el proceso de evaluación se basó en la medición de volúmenes de agua recolectados en pequeños recipientes (pluviómetros), colocados en el área de prueba, una vez determinada la presión de operación y el gasto. Los datos así obtenidos fueron procesados por un programa de computadora llamado -- CATCH 3D, el cual fue la base para realizar las simulaciones de espaciamiento entre SI y SM y obtener para cada uno la --

representación gráfica en tres dimensiones, con su respectivo valor de C_u y D_u , los cuales corresponden a la combinación de presión de operación y diferentes valores de espaciamientos.

En este sentido se llegó a las siguientes conclusiones :

1. De acuerdo a la experiencia obtenida, se puede afirmar la factibilidad del método de evaluación del aspersor único, para generar datos preliminares de diseño en riego por aspersión.
2. Al aplicar los criterios teóricos de diseño ($SI \leq 50\% DM$ y $SM \leq 65\% DM$), bajo las condiciones del ensayo sin viento, en la mayoría de los casos no se obtuvieron valores prácticos de C_u , lo que destaca la importancia de realizar pruebas de campo, previas al diseño e instalación de sistemas de riego por aspersión.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos a todas - aquellas personas que en forma incondicional y desinteresada contribuyeron de distintas maneras en la culminación del presente documento.

- Al Ing. Alirio Edmundo Mendoza, asesor del trabajo de graduación, quien con su alta experiencia técnica hizo posible la calidad científica de éste.
- A las diferentes instituciones comerciales, que nos brindaron su colaboración facilitándonos equipo en calidad de préstamo para poder desarrollar las evaluaciones (CASA CASTRO, INHISA, TECHNOPLASTIC, SAGRISA, etc.).
- A los señores jurados: Ing. Dueñas, Ing. Tejada e Ing. Villalta por su acertada crítica, flexibilidad y buena voluntad para la evaluación del Seminario de Graduación.
- Al Ing. Sabas Alberto Argueta, Jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola, por agilizar los trámites de graduación.
- A Doña Marinita, por su gran esmero puesto en la mecanografiada del texto final; además por su paciencia inquebrantable.
- A la Sra. Silvia de Ramírez, por su valiosa colaboración en mecanografía.
- Al Señor José María Cuéllar, por su colaboración en la elaboración de cuadros y figuras.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por guiar e iluminar mi vida y mi mente, dándome así la oportunidad de culminar mi carrera.

- A MIS QUERIDOS PADRES :
RICARDO ALVAREZ y ANTONIA MERINO, de todo corazón por el sacrificio realizado para alcanzar mi meta propuesta.

- A MIS HERMANOS :
ISABEL CRISTINA, MERLYN ROSELIA, BLANCA IDALIA, HILDA ARACELY, RICARDO MAUDIEL, OSCAR ARMANDO, por todo el apoyo brindado para alcanzar mi objetivo trazado.

- A MIS COMPAÑEROS DE SEMINARIO DE GRADUACION :
NELSON y OZIEL, así como a todos aquellos compañeros de estudio que me acompañaron en el largo camino.

- A MI CUÑADO :
MILTON ALFREDO NAVARRETE, por darme en todo momento el apoyo necesario para poder culminar mi carrera.

- A MI TIA :
FELIPA AMADA FLORES, por ser como segunda madre y brindarme su apoyo en los momentos más necesitados de mi carrera.

- A MIS PARIENTES Y AMIGOS :
Que a cada momento me animaron, para que continuara en mi carrera.

ELI ROLANDO

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por guiarme siempre e iluminar mi mente, dándome así la oportunidad de culminar mi carrera.
- A MI MADRE : ERLINDA LEANDRA ALVARADO
Con mucho amor y respeto, quien desde siempre ha rogado a Dios por mi protección e iluminación de mi mente.
- A MI PADRE : FILIBERTO DANIEL MELARA
Por ser un padre excelente, por guiarme por el buen camino con sus sabios consejos y especialmente por sus sacrificios a los cuales le estaré eternamente agradecido.
- A MIS HERMANOS :
SANTOS ALFREDO (Q.D.D.G.), SABY, YANETH, ESTELA y XENIA, por su apoyo moral.
- A MIS SOBRINOS :
IVINS MERLENE, LUIS ALFREDO, WILLIAM REYNELSON, etc.
- A MI ESPOSA : MARIA MIRIAN COREAS
Por brindarme su apoyo y cariño, e instarme a culminar mi carrera.
- A MIS HIJOS :
CARLOS, AMILCAR, IRENE ALEJANDRA y KELLY MARCELA, por convertirse en la razón de mis esfuerzos.
- A MI TIO : OVIDIO GRANADOS
Por su valiosa ayuda a lo largo de mi carrera.
- A TODAS AQUELLAS PERSONAS, que siempre me brindaron su apoyo y colaboración en los momentos difíciles de mi vida.
- A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS, por compartir gratos momentos a lo largo de mi carrera.

NELSON

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO :
Por haberme dado la oportunidad de alcanzar la meta trazada.
- A MI MADRE :
Juana Carlota Rosales, por todo su amor, sacrificio y apoyo durante toda mi formación académica.
- A MI ABUELITA :
María Engracia Grande, por todo su apoyo y cariño.
- A MI PADRE :
Oziel García, que me ayudó en los momentos que pudo.
- A MIS HERMANOS :
Frida Yanira y José Angel, con todo respeto y cariño.
- A MI SOBRINA :
Gabriela Karla María, por darnos una nueva alegría.
- A MI NOVIA :
Marlene, por su apoyo y todo el amor que me ha brindado.
- A MI TIA :
Esperanza Rosales, que siempre ha creído en mis esfuerzos.
- A MIS PRIMAS :
Madia Elizabethe y Tania Cecilia (De grata recordación).
- A TODA MI FAMILIA : GARCIA Y ROSALES, con mucho aprecio.
- A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS : Por compartir gratas experiencias a lo largo de mi carreta.

OZIEL

I N D I C E

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DELICATORIA	vii
INDICE DE CUADROS	xvi
INDICE DE FIGURAS	xviii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. El riego	3
2.2. Historia del riego	3
2.3. Sistemas de riego	6
2.4. Métodos de riego y su clasificación	7
2.4.1. Generalidades	7
2.4.2. Métodos de riego por superficie	8
2.4.2.1. Definición	8
2.4.2.2. Descripción	8
2.4.2.3. Adaptabilidad	9
2.4.2.3.1. Topografía	9
2.4.2.3.2. Suelos	9
2.4.2.3.3. Cultivos	9
2.4.2.3.4. Agua	9
2.4.2.3.5. Recursos económicos	9
2.4.3. Riego por goteo	10
2.4.3.1. Definición	10
2.4.3.2. Descripción	10

	Página
2.4.3.3. Adaptabilidad	11
2.4.3.3.1. Suelos	11
2.4.3.3.2. Topografía	11
2.4.3.3.3. Cultivos	11
2.4.3.3.4. Caudal	12
2.4.3.4. Uniformidad de emisión	12
2.4.3.5. Eficiencia de riego	12
2.4.3.6. Requerimientos de presión	13
2.4.4. Microaspersión	13
2.4.4.1. Definición	13
2.4.4.2. Descripción	14
2.4.4.3. Adaptabilidad	14
2.4.4.3.1. Topografía	14
2.4.4.3.2. Tipo de suelo	14
2.4.4.3.3. Cultivo	14
2.4.4.3.4. Caudal	14
2.4.4.4. Uniformidad de distribución	15
2.4.4.5. Eficiencia de riego	15
2.4.4.6. Requerimientos de presión	16
2.4.5. Riego por aspersión	16
2.4.5.1. Definición	16
2.4.5.2. Descripción	17
2.4.5.3. Adaptabilidad	17
2.4.5.3.1. Suelo	17
2.4.5.3.2. Cultivo	17

	Página
2.4.5.3.3. Topografía	18
2.4.5.3.4. Caudal	18
2.4.5.3.5. Viento	18
2.4.5.4. Formas de humedecimiento	19
2.4.5.5. Requerimientos de presión	19
2.4.5.6. Eficiencia de riego	21
2.4.5.7. Pluviometría	21
2.4.5.8. Tasa de aplicación	22
2.4.5.9. Disposición de tubería en función del viento	23
2.4.5.10. Criterios de espaciamiento durante - el diseño	24
2.4.5.11. Uniformidad de distribución	26
2.4.5.12. Coeficiente de uniformidad	27
3. MATERIALES Y METODOS	33
3.1. Localización del ensayo	33
3.2. Características generales de la zona	33
3.2.1. Suelos	33
3.2.2. Clima	34
3.2.3. Temperatura	34
3.2.4. humedad relativa	34
3.2.5. Viento	34
3.2.6. Evapotranspiración	35
3.3. Recursos hídricos	35
3.4. Metodología	35

	Página
3.4.1. Fase de pre-campo	36
3.4.1.1. Aspersores	36
3.4.1.2. Presión de operación	36
3.4.1.3. Duración de las pruebas	38
3.4.1.4. Delimitación del área de prueba y es- taquillado	38
3.4.1.5. Tubería y accesorios para la conduc- ción del agua	39
3.4.1.6. Altura del elevador	39
3.4.2. Fase de campo	39
3.4.2.1. Estimación de las pérdidas de pre- sión en el lateral	39
3.4.2.2. Preparación del área para las prue- bas	42
3.4.2.3. Medición de descarga del aspersor ..	42
3.4.2.4. Toma de datos antes de la prueba ...	43
3.4.2.5. Estabilización de la presión de ope- ración	43
3.4.2.6. Toma de datos durante la prueba	45
3.4.2.7. Toma de datos después de la prueba .	45
3.4.3. Fase de gabinete	45
3.4.3.1. Descripción general del programa -- CATCH 3D	46
3.4.1.1.1 Información requerida por el programa para la elabo- ración de gráficos	46

3.4.3.1.2. Unidades utilizadas en -- los datos	48
3.4.3.2. Espaciamientos utilizados en las prue bas	48
4. RESULTADOS	50
4.1. Generalidades	50
4.2. Condiciones de la evaluación	50
4.2.1. Altura del elevador	50
4.2.2. Velocidad del viento	51
4.2.3. Presión de operación, caudal y diámetro de moja do de los aspersores	51
4.3. Pluviometría de los aspersores	51
4.4. Valores de coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución	53
5. DISCUSION DE RESULTADOS	63
5.1. Generalidades	63
5.2. Condiciones de la evaluación	63
5.2.1. Efecto del viento	63
5.2.2. Características del funcionamiento de los asper sors	64
5.2.2.1. Caudal de descarga	64
5.2.2.2. Diámetro de mojado	65
5.2.3. Simulación de espaciamientos	65
5.3. Coeficiente de uniformidad	65

	Página
5.3.1. Efecto de la presión de operación en los valores de Cu	65
5.3.2. Efecto del espaciamiento en-re laterales y aspersores en el valor de Cu	67
5.4. Uniformidad de distribución	69
5.4.1. Efecto de la presión de operación y espaciamientos en los valores de Du	69
6. CONCLUSIONES	71
7. RECOMENDACIONES	73
8. BIBLIOGRAFIA	75
9. ANEXOS	79

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Estado actual de los proyectos de riego en - El Salvador	5
1a	Factor de disminución del diámetro de tiro - de los aspersores de acuerdo con la veloci- dad del viento	24
2	Características nominales de los aspersores evaluados	37
3	Espaciamientos utilizados en las simulacio- nes de SI y SM, para las pruebas de coefi- ciente de uniformidad	49
4	Características de funcionamiento de los as- persores en cada evaluación	52
5	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. SENNINGER*4023.	54
6	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. SENNINGER 4023 ...	55
7	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. SENNINGER 4023	56

Cuadro		Página
8	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformidad de distribución (DU), para diferentes -- presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales. NELSON F-33 ...	57
9	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. NELSON F-43 ..	58
10	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. RAIN-BIRD 14070.	59
11	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. RAIN-BIRD 70 C-W	60
12	Coeficiente de uniformidad (CU), y uniformi- dad de distribución (DU), para diferentes - presiones de operación y espaciamientos en- tre aspersores y laterales. NAAN 233	61
13	Cu y Du óptimos de acuerdo a las disposicio- nes de aspersores y laterales en función de la presión de operación	62
A-1	Resumen de elementos climáticos para la Es- tación La Providencia, para un período de - once años	80

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Formas de humedecimiento del perfil del suelo de acuerdo a condiciones de viento y presión dadas	20
2	Ubicación de la línea principal en relación con la dirección del viento nominante	
3	Ensayo de un aspersor único	32
4	Ensayo de línea lateral unitaria	32
5	Ensayo de líneas laterales operadas simultáneamente	32
6	Disposición de los pluviómetros en forma de cuadrícula en el área de prueba	40
7	Fuente de control (MANIFOLD) de caudal y presión de operación del sistema	40
8	Control del chorro del aspersor, durante la estabilización de la presión de operación ..	44
9	Inicio de la prueba, una vez estabilizada la presión de operación	44
A-1	Hoja de anotación para las pruebas de pluviometría	81

Figura		Página
A-2	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m ...	82
A-3	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m ...	83
A-4	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	84
A-5	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	85
A-6	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	86
A-7	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	87
A-8	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	88
A-9	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	89

Figura		Página
A-10	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m.	90
A-11	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 40 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m	91
A-12	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	92
A-13	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	93
A-14	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	94
A-15	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	95
A-16	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m	96
A-17	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m ...	97

Figura	Página
A-18	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 98
A-19	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 99
A-20	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 100
A-21	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 101
A-22	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 102
A-23	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 40 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 103
A-24	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 50 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 104
A-25	Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 60 PSI y espaciamiento de 2 x 2 m 105

Figura		Página
A-26	Comportamiento pluviométrico aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m	106
A-27	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- SENNINGER* 4023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 14 m	106
A-28	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- SENNINGER* 4023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m	107
F-29	Comportamiento pluviométrico de aspersor - SENNINGER* 4023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 14 m ..	107
A-30	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m	108
A-31	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en rectángulo a 10 x 12 m ..	108
A-32	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m	109
A-33	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en rectángulo de 12 x 16 m.	109

Figura		Página
A-34	Comportamiento pluviométrico de aspersor - SENNINGER 4023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	110
F-35	Comportamiento pluviométrico de aspersor - SENNINGER 4023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m ...	110
A-36	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	111
A-37	Comportamiento-pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m ..	111
A-38	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 5023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m	112
A-39	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 5023 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m ...	112
A-40	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m ...	113
A-41	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 5023 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m .	113

Figura		Página
A-42	Comportamiento pluviométrico de aspersor - SENNINGER 5023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	114
A-43	Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 5023 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m ..	114
A-44	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 50 PSI y <u>es</u> paciamiento en cuadro de 12 x 12 m	115
A-45	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m ...	115
A-46	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 50 PSI y <u>es</u> paciamiento en cuadro de 12 x 12 m	116
A-47	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 50 PSI y <u>es</u> paciamiento rectangular de 12 x 16 m	116
A-48	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 60 PSI y <u>es</u> paciamiento en cuadro de 16 x 16 m	117
A-49	Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 60 PSI y <u>es</u> paciamiento rectangular de 12 x 16 m	117

Figura		Página
A-50	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m	118
A-51	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 8 x 12 m	118
A-52	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m	119
A-53	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> , en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 10 x 12 m	119
A-54	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m	120
A-55	Comportamiento pluviométrico de aspersor <u>NELSON F-43</u> en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 10 x 12 m	120
A-56	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 40 PSI y - espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m	121
A-57	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m ...	121

Figura		Página
A-58	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	122
A-59	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m	122
A-60	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 16 x 16 m	123
A-61	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 18 x 24 m ...	123
A-62	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 16 x 16 m	124
A-63	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 10 x 12 m	124
A-64	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 a 18 m	125
A-65	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 50 PSI y y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m ..	125

Figura		Página
A-66	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	126
A-67	Comportamiento pluviométrico de aspersor - RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m	126
A-68	Comportamiento pluviométrico de aspersor - NAAN 233 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	127
A-69	Comportamiento pluviométrico de aspersor - NAAN 233 en cada esquina a 40 PSI y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m	127
A-70	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- NAAN 233 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	128
A-71	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- NAAN 233 en cada esquina a 50 PSI y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m	128
A-72	Comportamiento pluviométrico de aspersor -- NAAN 233 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m	129
A-73	Comportamiento pluviométrico de aspersor - NAAN 233 en cada esquina a 60 PSI y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m	129

1. INTRODUCCION

El principal inconveniente en el diseño de sistemas de riego por aspersión es establecer un espaciamiento entre - aspersores (SI) y entre laterales (SM), que garanticen un - grado de uniformidad adecuado, ésto se debe a que los fabricantes de aspersores no proporcionan las condiciones adecuadas de funcionamiento, en base al espaciamiento entre SI y SM, que garantice un Coeficiente de Uniformidad (Cu) que - cumpla con los criterios teóricos de diseño.

Ante esta situación, se realizó el presente trabajo en el Lote La Bomba de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

El área de ensayo fué de $1,600 \text{ m}^2$, en donde se evaluaron ocho aspersores de diferentes marcas y modelos a tres diferentes presiones de operación (40, 50 y 60 PSI), la prueba se basó en el volumen recolectado (en cc), durante un -- tiempo de 45 minutos por pluviómetros distribuidos en forma de cuadrícula a un espaciamiento de $2 \times 2 \text{ m}$.

El coeficiente de uniformidad se determinó utilizando - un programa de computadora llamado CATCH 3D, mediante la simulación de espaciamientos entre SI y SM, considerando además toda la información tabulada en el campo.

Los resultados mostraron que los valores más altos de Cu corresponden a los espaciamientos más cortos y los valores más bajos de Cu a los espaciamientos más largos; y según SIMMERMAN (25), desde el punto de vista de la economía, mientras mayor sea el espaciamiento entre aspersores y entre laterales, más bajos son los costos de equipo y mano de obra; sin embargo, un amplio espaciamiento disminuye el Cu, lo que confirma los resultados obtenidos.

Los principales objetivos de este trabajo fueron: generar datos con parámetros preliminares de diseño para establecer espaciamientos entre laterales y entre aspersores en riego por aspersión; generar datos prácticos de Coeficiente de Uniformidad para diferentes espaciamientos entre laterales y entre aspersores; así también, generar información básica que ayude a futuras investigaciones a evaluar el Cu en los cultivos o en aquellos sistemas recién instalados en los que no se haya realizado pruebas sobre Cu.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. El riego

El riego es una práctica que ha sido empleada por las civilizaciones para el incremento de la producción. Otros autores lo han definido como la aplicación controlada de agua a las tierras arables para suplir las necesidades de los cultivos (17).

Para ISRAELSEN (16), el riego es la aplicación artificial de agua al suelo con el propósito de suplir la humedad esencial para el crecimiento de las plantas; mientras que GONZALEZ (12), lo define como la aplicación artificial de agua al suelo en forma racional, con el objetivo de reponer la humedad esencial para que los cultivos se desarrollen en forma óptima, sin problemas de escasez de agua.

2.2. Historia del riego

El origen de la irrigación data desde los tiempos más antiguos, ya que muchas civilizaciones han sido dependientes del desarrollo de la agricultura bajo riego (chinos y egipcios) para establecer las bases agrarias de una sociedad y aumentar la seguridad de su gente (1, 20).

En general, el suministro de agua a los cultivos es una práctica que el hombre ha desarrollado desde tiempos antiguos, desde los tradicionales métodos por inundación de los

egipcios, hasta los modernos sistemas presurizados que usan los Estados Unidos e Israel (15).

En El Salvador, es alto el interés que se le ha otorgado al desarrollo de una agricultura bajo riego, en el cual participan el sector público y privado, por lo que las perspectivas del desarrollo del riego se presentan muy favorables; en el Cuadro 1, se presentan los proyectos en diferentes etapas de desarrollo, de acuerdo a la planificación de incorporación de áreas de riego, realizada desde 1987 por la Dirección General de Riego y Drenaje (D.G.R.D.).

Estudios realizados por el Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), demuestran que el desarrollo económico y social del país depende principalmente de sus posibilidades de alcanzar una producción agropecuaria sostenida para satisfacer las diversas necesidades de su numerosa población y además contar con un exceso de producción para exportar a otros países. No obstante el desarrollo agrícola reviste características singulares, puesto que, se explotan todas las tierras de vocación agrícola e inclusive zonas marginales, pero únicamente en la estación lluviosa. Sin embargo, en la estación seca la mayor parte de las tierras dedicadas a los cultivos anuales permanecen ociosas, provocando una disminución en la productividad y fuentes de trabajo (13).

Sin embargo, en los últimos años el Gobierno ha emprendi

CUADRO I . Estado actual de los proyectos de riego en El Salvador .

I Fase : Ejecución.

PROYECTO	LOCALIZACION	SUPERFICIE (Hás.)
Lempa -Acahuapa	Departamento de Usulután y San Vicente.	2,616
Bola de Monte	Depto. de Ahuachapán	462
9 pequeñas obras.	A nivel nacional	338
TOTAL :		3,416 Hás.

II Fase : Preinversión

1. Diseños finales de ingeniería.

PROYECTO	LOCALIZACION	SUPERFICIE (Hás.)
Omoa	Depto. de Santa Ana	728
Comalapa	Depto. de La Paz y La Libertad.	11,606
Quelepa	Depto. de San Miguel	2,383
TOTAL :		14,717 (Hás.)

2. Factibilidad técnica - económica.

PROYECTO	LOCALIZACION	SUPERFICIE (Hás.)
San Francisco Gotera	Departamento de Morazán	1,800
Paz - El Rosario	Departamento de Ahuachapán	4,821
27 pequeñas obras en sector reformado	A nivel nacional	1,518
TOTAL :		8,139

do diversos programas para habilitar más tierras en la época seca y el organismo encargado de la formulación y ejecución de los proyectos de riego es la Dirección General de Riego y Drenaje, organismo oficial que también presta asesoría para el desarrollo de obras de riego a nivel de finca y es la unidad encargada de la aplicación de la legislación en materia de riego y drenaje (10).

El objetivo fundamental, que se persigue al construir cualquier sistema de riego, es el aprovechamiento racional de los recursos agua-suelo-planta, trabajo y capital con el objeto de maximizar su utilización para contribuir al incremento del ingreso nacional a través del aumento de la productividad agrícola y mejorar el nivel de vida de las familias rurales y darle estabilidad a la producción agropecuaria. Sin embargo, para alcanzar ese objetivo fundamental es necesario cumplir con otros de carácter específico que pueden agruparse en : Sociales, agro-económicos, físicos y político-administrativos (14).

2.3. Sistemas de riego

Desde el punto de vista de la ingeniería, un sistema de riego es el conjunto de estructuras necesarias para captar, conducir y distribuir las aguas a los suelos, aplicando una lámina que supla las deficiencias de humedad exigida por las plantas, durante su período determinado de germinación y crecimiento. Comprende también todas aquellas formas que

ayudan y mejoran el drenaje superficial o interno de los sue los (cuando este último es necesario) y aquellas que con las de viabilidad interna permiten el transporte de los productos hacia los mercados consumidores (6).

Un sistema de riego puede clasificarse de varias maneras; pero en general, casi siempre su denominación obedece a las varias características que presenta el sistema en consideración.

I. La forma de captación del agua: Por almacenamiento, por derivación, por bombeo del subsuelo.

II. La conducción: Por gravedad, por bombeo, mixtos. - Cuando el agua es conducida por gravedad, comúnmente se utiliza para riego por superficie (surcos, melgas).

Si la conducción es por bombeo, la distribución del agua se hace a través de tuberías, usado comúnmente en aspersión y goteo.

La conducción de tipo mixto es la combinación de los dos anteriores (14).

2.4. Métodos de riego y su clasificación

2.4.1. Generalidades

El uso eficiente del agua está en función del suelo y depende, sobre todo, del regador y método de riego empleado, así como de otros factores naturales y económicos (23).

Para la selección del método de riego más adecuado se deben de realizar estudios detallados de la zona, tales como: estudios topográficos, edáficos, climáticos, económicos, sociales y de cultivo (15).

Los resultados de estos estudios y la relación entre sí, definen los siguientes métodos de aplicación de agua: superficial, aspersión, goteo y microaspersión (17).

2.4.2. Métodos de riego por superficie

2.4.2.1. Definición

Este método es el más antiguo, y consiste en derivar el agua desde la fuente y conducirla a través de un sistema de tubería o canales abiertos, hasta el terreno a regar; todo el movimiento del agua se hace por gravedad desde los puntos más altos hasta los más bajos, tratando de mojar el 100% del área cultivada; puede hacerse por surcos y por inundación (5, 17).

2.4.2.2. Descripción

Este método consiste básicamente de una fuente de agua, una toma, sistema de conducción (canales o tuberías) y surcos o melgas.

Son características de esta forma de riego :

- Que el agua debe de ingresar por el punto más alto del terreno.
- El caudal que ingresa a cada unidad de riego se divide

en dos: Parte se infiltra en el terreno y el resto avanza - en dirección de la pendiente dominante (13).

2.4.2.3. Adaptabilidad

2.4.2.3.1. Topografía

Requiere de suelos planos, con pendientes que van de - 2-6% (13, 15), aunque para ISRAELSEN (16), la pendiente mínima en que debe implementarse es de 3%.

2.4.2.3.2. Suelos

Se adapta a casi todo tipo de suelo, exceptuando aquellos con alto contenido de arena (15).

2.4.2.3.3. Cultivos

Se adapta a casi todo tipo de cultivo, hortalizas, cítricos, granos básicos, pastos y frutales (13, 15).

2.4.2.3.4. Agua

Es adaptable cuando se dispone de agua en abundancia y - hay poco peligro de inundación (13).

2.4.2.3.5. Recursos económicos

Para su implementación se requiere de bajas inversiones iniciales, y además no necesita de mano de obra calificada (13, 15).

2.4.3. Riego por goteo

2.4.3.1. Definición

El riego por goteo es un sistema de humedecimiento limitado y frecuente del suelo, en el cual se aplica el agua a una parte del volumen del suelo ocupado por el cultivo, mediante dispositivos llamados goteros, localizados a lo largo del lateral (3, 12).

2.4.3.2. Descripción

Un sistema de riego por goteo requiere de: Estación de bombeo, cabezal de control, líneas principales y sub-principales, líneas laterales, goteros, válvulas, accesorios y -- otros elementos necesarios (18).

Los goteros o aplicadores de agua están diseñados para disipar presión y descargar un caudal pequeño y uniforme, -- suelen clasificarse de acuerdo a su mecanismo disipador de presión (18).

La cantidad de agua aplicada por emisor, en riego por goteo, se ajusta a la tasa de absorción de las plantas, produciendo un humedecimiento localizado, lo cual acomoda el sistema radicular en un área específica (3).

En riego por goteo el taponamiento de los goteros es el problema más serio que se presenta, el cual puede ser provocado por partículas minerales y orgánicas, químicas y biológicas; por lo tanto, el uso de filtros es indispensable pa-

ra mantener el funcionamiento del sistema. También debe usarse goteros y caños negros para prevenir proliferación de algas, además, algunos productos químicos pueden usarse para disolver precipitados formados en el agua (18).

Una de las características más importantes y ventajosa que se le atribuye al riego por goteo es su adaptabilidad a la aplicación de fertilizantes y otros productos químicos - en combinación con el agua de riego, con el cual se logra incrementar la eficiencia, se ahorra mano de obra y energía (18, 23).

2.4.3.3. Adaptabilidad

2.4.3.3.1. Suelos

El goteo tiene una alta adaptabilidad a la mayoría de suelos; sin embargo, su uso es más adecuado para los suelos de textura media y ligeramente estratificados. Por su parte ARMONI (3), sostiene que con goteo se puede explotar sue los poco profundos, pedregosos, calcáreos y salinos.

2.4.3.3.2. Topografía

El método se adapta convenientemente cuando se trata de regar terrenos con topografía accidentada los cuales no es posible regar con otros métodos (12).

2.4.3.3.3. Cultivos

Se adapta a todos los cultivos excepto los de crecimiento -

denso; sin embargo, por su alto costo es recomendable para cultivos de alta rentabilidad como frutales y hortalizas (12).

2.4.3.3.4. Caudal

Por lo general, el riego por goteo no se necesita disponer de grandes caudales para efectuar el riego. Básicamente el tamaño necesario del caudal viene determinado por el número y tipo de goteros, tipo de suelo y agotamiento del agua disponible en el suelo (10). Según ARMONI (3), la descarga por gotero, recomendable en cultivos de campo es de 2 lts/hora, y para frutales oscila entre 4 a 8 lts/hora.

2.4.3.4. Uniformidad de emisión

Este parámetro, mide que tan uniforme es la descarga de todos los emisores, en un sistema de riego por goteo. Se considera que este modelo de riego debe diseñarse con no más de un 5% de variación de la descarga, es decir, que tenga un 95% de uniformidad de emisión (18).

2.4.3.5. Eficiencia de riego

La baja precipitación horaria y el dominio sobre la presión aseguran un 100% de infiltración, evitándose totalmente el fenómeno de escurrimiento superficial, que es un factor decisivo en la eficiencia de riego (3).

La eficiencia en la aplicación de riego por goteo se considera del 90% (18).

2.4.3.6. Requerimientos de presión

Según GONZALEZ (12), existen goteros que trabajan con presiones desde 2 a 30 metros; sin embargo, las presiones de trabajo más comunes es con una carga de 10.30 m, equivalente a 1 atmósfera y 14.7 Psi.

KELLER (18), sostiene que la presión promedio del gotero, se define como la carga que va a dar el caudal promedio, y que alrededor de 3/4 de la pérdida de carga ocurre entre la entrada donde se encuentra el mayor caudal y el gotero promedio.

La diferencia de presión (Ah) a lo largo del lateral no debe exceder 0.5 de la variación de carga permisible (Ahs) en la sub unidad (20% de la presión de operación) (18).

2.4.4. Microaspersión

2.4.4.1. Definición

SAVALDI (22), define la microaspersión como el método que distribuye el agua en forma controlada desde un cabezal de control, pasando a través de una serie de tuberías hasta llegar a los emisores (microaspersores, microjets, etc.); - que puede utilizarse en frutales, hortalizas, flores e invernaderos para riego y para mantener un microclima adecuado.

También se define como el sistema de riego que distribuye el agua cubriendo menos del 100% del área del cultivo, y que tiene un amplio rango de uso, entre los que mencionan :

aplicación de fertilizantes, insecticidas y protección contra heladas, etc. (14).

2.4.4.2. Descripción

Prácticamente el sistema se compone de un cabezal de control, tubería principal y secundaria de P.V.C., distribuidora de P.V.C. o polietileno y los laterales de polietileno; en diámetros que pueden ser de 16, 20, 25 mm, y finalmente los emisores (microaspersores) (22).

Existen cuatro tipos de emisores principales: Microaspersor, microjets, nebulizador y goterón (22).

2.4.4.3. Adaptabilidad

2.4.4.3.1. Topografía

Se adapta a cualquier tipo de topografía; con la ayuda de un regulador de flujo se asegura una alta uniformidad de aplicación, independientemente de las diferencias topográficas (14).

2.4.4.3.2. Tipo de suelo

Se adapta a todo tipo de suelo; y además es usado para el lavado de sales en suelos que presentan este problema (22).

2.4.4.3.3. Cultivo

Es utilizado para el riego de frutales y hortalizas (22).

2.4.4.3.4. Caudal

Los requerimientos de caudal son variados y dependen tan

to del tipo de emisor como del tamaño del patrón de humedad requerido; así para un patrón amplio se utilizan mini-aspersores que tienen un gasto de 100-300 lts/hora; un patrón reducido se obtiene a través de microaspersores, con un gasto de 50-90 lts/hora; y los microjets (difusores), que producen un patrón pequeño de humedad, y tiene un gasto de 40-70 lts/hora.

En general se considera que un gasto de 70 lts/hora por emisor es lo más aceptable (22).

2.4.4.4. Uniformidad de distribución

En la uniformidad de distribución para riego por microaspersión influyen varios factores: La verticalidad del microaspersor, el ángulo de riego, interrupción por plantas, calidad del elemento distribuidor, presión de trabajo, caudal nominal y tamaño de las gotas (22).

Para lograr una uniformidad de distribución dentro de lo aceptable, el microaspersor debe colocarse a 20 cm de la superficie del suelo, con un ángulo de riego casi horizontal trabajando con la presión nominal (22).

2.4.4.5. Eficiencia de riego

El riego por microaspersión fué creado para alcanzar una eficiencia mayor que en otros métodos de riego utilizados. - En pruebas realizadas por el Servicio de Extensión Agrícola de Israel, se obtuvieron eficiencias de 94% a 97%. Esto fué

atribuido a la uniformidad del humedecimiento del área irrigada, y la adecuada intensidad de aplicación del agua (14).

Sin embargo, para SAVALDI (22), el método del microaspesor posee una eficiencia del 90%.

2.4.4.6. Requerimiento de presión

Las presiones permitidas para garantizar la uniformidad de distribución de riego y tamaño de gotas adecuada oscila entre 14-20 mts (20-28 Psi), (presión de trabajo). Las pérdidas de presión en el lateral no deben exceder del 15% de la presión de trabajo (22).

De manera general, dependiendo del tipo y modelo del emisor, las presiones requeridas oscilan entre 10-40 mts de columna de agua (14, 22).

2.4.5. Riego por aspersion

2.4.5.1. Definición

Es la aplicación del agua al suelo en forma de rociado, semejante a la precipitación natural. El rociado se consigue mediante el flujo de agua a presión, la cual puede proporcionarse por medio de bombeo o por diferencia de nivel (18); mientras que GONZALEZ (12), lo define como la descarga de - agua a presión, la cual al salir al aire se atomiza en pequeñas gotas y cae al suelo simulando la lluvia natural en todos sus aspectos, pero con una importante diferencia, esta - lluvia simulada puede controlarse tanto en lo que respecta al

tiempo como en su intensidad.

2.4.5.2. Descripción

Según KELLER (18), un sistema de riego por aspersión consta de aspersores y sus accesorios, laterales, líneas primarias, líneas subprimarias planta de bombeo y otros accesorios requeridos para la aplicación eficiente del agua.

En este sistema, el agua, es conducida por medio de una tubería de conducción que parte desde la bomba hasta la tubería principal, ésta la distribuye a las tuberías laterales en las cuales se encuentran montados los aspersores y éstos se encargan de aplicar el agua en la parcela (1, 5, 13, 17).

2.4.5.3. Adaptabilidad

2.4.5.3.1. Suelos

Se adapta a todos los suelos con vocación agrícola, dado que podemos encontrar disponibles, una gama amplia de aspersores los cuales trabajan a diferentes presiones y descargan caudales diferentes; sin embargo, puede existir limitaciones de aplicación en suelos con bastante contenido de arcilla, cuya velocidad de infiltración básica sea menor que 0.15 pulg/hora (\approx 0.38 cm/hora) (13, 18, 23).

2.4.5.3.2. Cultivo

Puede ser usado para la mayoría de cultivos tales como caña de azúcar, pastos, maíz, frutales, además es ventajoso para plantas con raíces superficiales que necesitan aplica-

ciones ligeras (1, 18, 25).

2.4.5.3.3. Topografía

Permite adaptarse a la mayoría de las condiciones topográficas tales como terrenos ondulados, en pendientes, sin necesidad de nivelar el suelo y quedando sujeto al uso de la tierra y a los aspectos económicos (18, 20).

2.4.5.3.4. Caudal

En el riego por aspersión, a diferencia del riego por gravedad puede utilizarse pequeños caudales eficientemente, dado que existe aspersores con un amplio rango de caudales de descarga (23).

2.4.5.3.5. Viento

El riego por aspersión es afectado por las condiciones de viento, los cuales pueden ser clasificados en cuatro categorías, con base a la velocidad de los mismos: condiciones sin viento (velocidad de 0-1 m/seg); viento medio (1-2.4 m/seg); viento fuerte (2.5-4 m/seg); y viento muy fuerte (mayor de 4 m/seg); para esta última condición, la aspersión no es recomendable ya que la eficiencia puede ser extremadamente baja por una pobre uniformidad de aplicación y una excesiva pérdida por evaporación (18, 23).

Para BROUWER (5), como etapa preliminar a la aplicación del proyecto de riego por medio de aspersores, deben efectuarse observaciones a cerca de la velocidad del viento dominante y que éste no exceda la velocidad de 2.5 m/s.

2.4.5.4. Formas de humedecimiento

En el riego por aspersion no se puede obtener un reparto equitativo del agua sobre el terreno, pues el máximo de ésta se encuentra en general junto a los aspersores (18).

El humedecimiento que se produce en el perfil del suelo, en condiciones sin viento describe la forma de una pirámide invertida bajo el aspersor (Fig. 1a); pero en condiciones de viento, éste es modificado (Fig. 1b).

Por otra parte, también las presiones afectan la forma de humedecimiento; presiones bajas o demasiado altas producen una deformación del patrón de humedecimiento (Figs. 1c, 1d, 1e) (18, 21, 23).

2.4.5.5. Requerimientos de presión

Las presiones de trabajo de los aspersores oscilan en un rango muy amplio, dependiendo del tipo de aspersor, teniendo valores desde 5.0 Psi hasta 120 Psi (18).

En todo el sistema de pérdidas totales de presión no deben exceder el 20% de la presión de operación de los aspersores en el lateral, consiguiendo de esta manera que la variación de descarga no exceda el 10%, a menos que se justifique económicamente. En consecuencia, se debe proveer ya sea regulación de flujo o presión para aspersor, o se deben localizar los laterales y seleccionar el tamaño de las tuberías (13, 18).

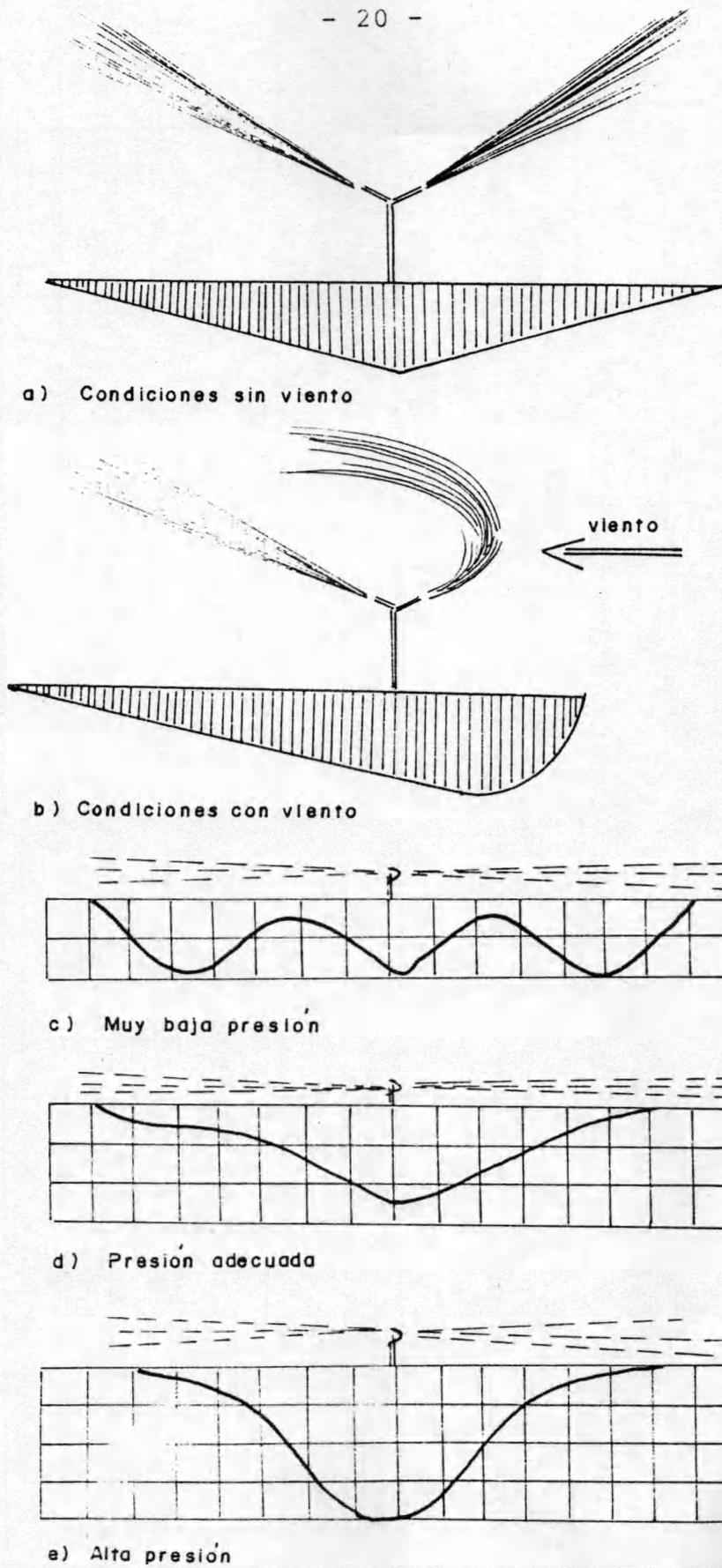


Fig. 1 - Formas de humedecimiento en el perfil del suelo de acuerdo a condiciones de viento y presión dadas.

2.4.5.6. Eficiencia de riego (Ef)

El término más usado en la eficiencia de riego es la eficiencia de aplicación, que consiste en la relación entre la lámina promedio de agua almacenada en la zona de raíces y la lámina promedio aplicada; sólo da una idea de las pérdidas, ya que sólo muestra la fracción de agua almacenada dentro de la zona de raíces, que se encuentra a disposición de las plantas, para evaporación y transpiración (18).

Según KELLER (18), la eficiencia de riego se relaciona con la uniformidad de distribución y las pérdidas; por tanto, será baja ya sea porque la uniformidad es pobre o porque las pérdidas son grandes. Además la eficiencia puede estar relacionada con la variación de la descarga de los aspersores en el lateral.

Los valores normales de eficiencia de riego en sistemas de aspersión oscilan entre 75% al 78% (18).

2.4.5.7. Pluviometría

La intensidad de riego por aspersión, se mide por el número de milímetros de altura de la capa de agua recibida por la tierra, uniformemente repartida por toda la superficie - (8). El límite de la pluviometría en el riego exige otra condición, que la intensidad de riego sea inferior a la velocidad de infiltración, ya que si fuera superior produciría encharcamiento y a la vez escorrentía (8, 21).

2.4.5.8. Tasa de aplicación (T.A.)

La mayoría de los sistemas de aspersión, se diseñan para satisfacer las demandas críticas de humedad impuestas por la evapotranspiración durante el período de riego (2).

Un sistema de riego por aspersión bien diseñado y bien manejado, aplica el agua en las cantidades correctas y a los intervalos apropiados con una alta uniformidad y con bajas pérdidas por evaporación y escorrentía (2).

La razón de aplicación neta (T.A.) debe ser menor que la tasa de infiltración, puesto que si la T.A. es mayor que la infiltración básica, será necesario hacer un nuevo diseño en el cual se deberá aumentar el tiempo de aplicación. Para ello habrá de seleccionar un diferente tipo de boquillas y por lo tanto aumentar el espaciamiento (11).

$$T.A. \text{ en cm/h} = \frac{Q \text{ m}^3/\text{h} \times 100}{\text{Sep. Aspersores} \times \text{Sep. Laterales}}$$

Aunque la tasa de aplicación puede incrementarse por el incremento de la presión, las gotas más pequeñas son menos perjudiciales para la superficie del suelo, y así se puede mantener una más alta tasa de infiltración en el suelo (2).

La primera señal de que la escorrentía puede ser problema, es el encharcamiento en áreas en donde la tasa de aplicación excede la tasa de infiltración (2).

2.4.5.9. Disposición de tuberías en función - del viento

En los casos de viento fuerte, la mejor eficiencia de distribución en el riego se logra si tanto la línea principal como los laterales se disponen a 45° de la dirección predominante de los vientos. Algunas veces esto no es recomendable en virtud de los otros factores que intervienen para definir la ubicación más conveniente (topografía, cultivos, etc.). En este caso es preferible colocar los laterales en sentido normal respecto a la dirección de los vientos predominantes, como se indica en la Fig. 2 (11).

El viento distorsiona los patrones circulares de mojado planeados, para formar una elipse irregular. Pueden dejarse márgenes para ello, disminuyendo el espaciamiento perpendicular a la dirección del viento. Por supuesto esto sólo será útil cuando la dirección del viento sea razonablemente consistente (22).

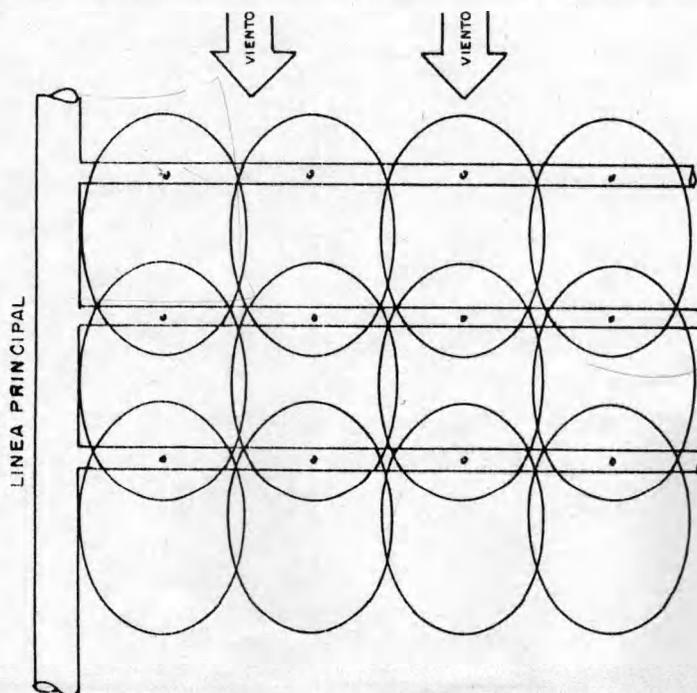


Fig. 2 - Ubicación de la línea principal en relación con la dirección del viento dominante .

2.4.5.10. Criterios de espaciamiento durante el diseño

Se han hecho muchas investigaciones sobre el espaciamiento de los rociadores para obtener la máxima uniformidad de mojado. Por lo común, los mejores resultados se obtienen con un espaciamiento triangular; pero es más práctico el patrón rectangular (22).

Las investigaciones de campo además han demostrado que para obtener un coeficiente de uniformidad adecuado, el % de diámetro de tiro al cual deben estar espaciados los aspersores debe de disminuir a medida en que aumenta el viento - (Cuadro 1a) (11).

Cuadro 1a. Factor de disminución del diámetro de tiro (o diámetro mojado de los aspersores de acuerdo con la velocidad del viento.

Velocidad del viento en km/h y m/s.	Espaciamiento de los <u>aspersores</u> menor que :
Poco o ningún viento	65% del diámetro de tiro
Hasta 9.5 (2.64 m/s)	60% " " " "
Hasta 12.5 (3.47 m/s)	50% " " " "
Sobre 12.5 (3.47 m/s)	30.50% " " "

Para GURVICH (11), debe de haber cierta correspondencia entre los espaciamientos de los aspersores y los laterales.

El aspersor no proporciona una superficie uniformemente

mojada. En general, la parte más alejada del aspersor alcanza menos humedad. Además, el área cubierta tiene una forma circular, que no permite un arreglo sin superposición de la superficie que riegan los aspersores adyacentes. Por ésto, existen tres tipos de arreglos básicos de los aspersores - (9).

- 1.- Arreglo en cuadrado: La distancia entre aspersores es igual a la distancia a la que se mueve el lateral. Esta distancia es igual a 1.4 el radio del círculo de aspersión. Ejm, diámetro del círculo igual a 24 m, el espacio entre aspersores en el lateral será de 1.4×12 m, ó sea, de 16.8 m, y el lateral se moverá cada vez a la misma distancia.
- 2.- Arreglo en rectángulo: En este caso el espaciamiento entre aspersores es menor que la distancia a la cual se mueve el lateral. Por ejemplo cuando el diámetro del círculo de aspersión es de 24 m, se colocan los aspersores a 12 m, y se mueve el lateral cada vez a una distancia de 1.7×12 m, ó sea, aproximadamente 20 m.
- 3.- Arreglo en triángulo. La distancia entre los aspersores es igual a 1.7 veces el radio del círculo de aspersión. El lateral se mueve cada vez a una distancia de 1.5 veces el radio del círculo de aspersión. En el caso del diámetro del círculo sea de 24 m, los aspersores se colocan a una distancia de 20 m, y el lateral se mueve cada vez a una distancia de 18 m, ó sea 1.5×12 m.

En general, la mayoría de los diseños de equipos portátiles corresponden a aspersores y espaciamentos intermedios, por ejemplo 18 x 18 m. Esto puede variar con el tipo de explotación; por ejemplo huertos pequeños y viveros requerirán distancias y equipos menores y en diseños para áreas grandes prevalece el criterio opuesto (9).

2.4.5.11. Uniformidad de distribución (Du).

Generalmente siendo el riego por aspersion el de mayor uniformidad entre algunos sistemas de riego, nunca se consigue que quede el agua uniformemente repartida como ocurre con la lluvia a la cual se asemeja. Las causas que motivan esta falta de homogeneidad en el riego son debidas no sólo a la existencia de zonas no regadas o regadas dos veces, sino también a no ser uniforme el caudal que vierte el chorro en toda su longitud (8), para ELJANANI, citado por GONZALEZ, - la uniformidad de distribución es uno de los factores fundamentales que influyen en el nivel de producción del cultivo. Ejemplos defectuosos de uniformidad de distribución se manifiesta frecuentemente por altura no uniforme de las plantas, diferencia de color en el follaje y flora dispersa.

La variación de la uniformidad de distribución determinan también condiciones de crecimiento inferiores a las óptimas debido a la deficiente aereación del suelo, excesiva filtración de los elementos nutritivos de la planta y acumulación de sales perjudiciales (25).

La uniformidad de distribución, está en función de la presión de servicio, de la separación de los aspersores y del caudal de aplicación (8, 21).

Para KELLER (18), es la preocupación principal en el procedimiento de diseño de riego por aspersión, un término útil para asignarle un valor numérico a la uniformidad de distribución se representa por la fórmula siguiente :

$$Du = \frac{\text{Promedio de la lámina recibida en el cuarto inferior}}{\text{Promedio de la lámina recibida}}$$

Para determinar el grado de uniformidad en la distribución, se obtiene el promedio de la precipitación captada en el 25% de los pluviómetros que obtengan la menor precipitación. Este promedio dividido por el promedio total de aplicación da una medida del grado de uniformidad obtenido. Valores de Du 72% se consideran generalmente bajos aún para cultivos extensivos. Para cultivos de mayor demanda, un valor de 80%, es recomendable (18).

2.4.5.12. Coeficiente de uniformidad (Cu)

Hay otro conflicto de interés en el espaciamiento de los aspersores entre la economía en el equipo y la mano de obra, en comparación con la uniformidad de aplicación. Desde el punto de vista de la economía, mientras mayor sea el espaciamiento, más bajos son los costos de equipo y de mano de obra. Sin embargo, un amplio espaciamiento disminuye el coeficien-

Cond
OK

de uniformidad (25).

El coeficiente de uniformidad está fijado por la medición de la cantidad de agua que se recoge en latas colocadas a intervalos constantes dentro de una zona regada por aspersores, de boquillas, de presión y en condiciones del espaciamiento (25).

El Cu se calcula :

- Midiendo y encontrando la altura promedio del agua recogida en todos los recipientes (altura total del agua en todos los recipientes, dividida entre el número de recipientes).
- Sumando la altura de las desviaciones, desde el valor promedio de la altura.
- Calculando el porcentaje de desviación en relación con el promedio.

Así, únicamente una forma absoluta tiene un coeficiente de uniformidad de 100%. Mientras menor es el valor del coeficiente, menor es la uniformidad de distribución (25).

El requisito estandar de diseño es lograr un coeficiente de uniformidad, por lo menos del 85%. Sin embargo, la distribución del agua, como se mide en los recipientes, no representa realmente la distribución de humedad en el suelo. En consecuencia, es posible regar con un coeficiente de uniformidad mucho más bajo (mayor espaciamiento entre los asper

sores), bajo muchas condiciones, sin producir reducción en los rendimientos (16, 25).

Para determinar el coeficiente de uniformidad se puede hacer por diferentes fórmulas, pero la literatura recomienda el modelo de Christiansen; dentro del cual se encuentran diferentes métodos, los cuales se describen a continuación:

METODO 1. Ensayo del aspersor único

El aspersor es operado a la presión de ensayo por un período de tiempo, que puede ser una hora y el agua recolectada en las latas es medida al final del período. Son anotados: La velocidad y dirección del viento, la descarga y velocidad de rotación. Los pluviómetros deben de ser dispuestos en forma de reticulado de 2 x 2 metros (Figura 3).

El modelo de distribución del aspersor puede ser trazado en base a los datos obtenidos. De acuerdo a la superposición teórica-mútua de los aspersores para distintos espaciamientos, se puede calcular la uniformidad de aplicación respectivas (Du ó Cu). Los fabricantes de aspersores deben usar este método durante el desarrollo del modelo del aspersor, con el objetivo de analizar el modelo de distribución e introducir en el diseño las correcciones necesarias (12).

Debe tomarse la precaución de elegir un aspersor que -- constituya una muestra representativa de los demás (12).

METODO 2. Ensayo de línea lateral unitaria

Una línea lateral unitaria es operada a una presión de ensayo determinada y cierto espaciamiento uniforme de aspersores a lo largo de la línea. Se registran la velocidad y dirección del viento y la velocidad de rotación del aspersor (12).

La descarga debe ser medida en forma separada. Por lo general será suficiente usar cuatro aspersores siempre que el radio cubierto por cada aspersor no excede de $2 S_i$ (S_i = distancia entre aspersores a lo largo de la línea lateral), o que a raíz del viento, el riego no exceda de $2 S_i$, en dirección paralela a la línea. Este método es el que más se asimila a las verdaderas condiciones de riego, pues generalmente no son operadas dos líneas laterales adyacentes en forma simultánea (Figura 4).

El ensayo muestra la distribución real a cada lado de la línea lateral, como también permite calcular la uniformidad de aplicación para cualquier distancia entre líneas laterales en base a la existente entre los aspersores de la línea bajo ensayo (12).

METODO 3. Ensayo de líneas laterales operadas simultáneamente.

El espaciamiento de los aspersores tanto a lo largo de la línea lateral como entre líneas, es determinado de acuerdo a las condiciones del ensayo. Las latas son colocadas entre los cuatro aspersores centrales de la disposición. En -

caso de que el radio del aspersor exceda de 2 Sm ó 2 Si, se rá necesario más de 4 aspersores sobre la línea lateral.

Las líneas son operadas simultáneamente a una presión idéntica y son registradas la velocidad y dirección del viento como también la velocidad de rotación de los aspersores.

La cantidad de latas necesarias es relativamente pequeña y el ensayo puede ser limitado a un período de 1 hora. Este método permite calcular la uniformidad de aplicación únicamente para el espaciamiento dado. La distribución es mostrada en la Figura 5 (12).

De los métodos descritos anteriormente, el 2 y 3, permiten calcular la uniformidad de aplicación únicamente para el espaciamiento dado. Sin embargo, todos coinciden en la utilización de la fórmula de Christiansen, la cual consiste en determinar la uniformidad de la línea aplicada por medio de la siguiente expresión matemática (6, 12, 16, 18).

$$C_u = 100 \frac{(1 - \sum \frac{[x_i - \bar{x}]^2}{n})}{\bar{x}}$$

Donde : C_u = Coeficiente de uniformidad (%)

\sum = Sumatoria

x_i = Lectura de la cantidad de agua de cada recipiente (cc).

\bar{x} = Promedio de las lecturas de los recipientes (cc).

n = Número de recipientes.

En forma práctica el mínimo valor aceptado de C_u es del 85% (7, 12, 27).

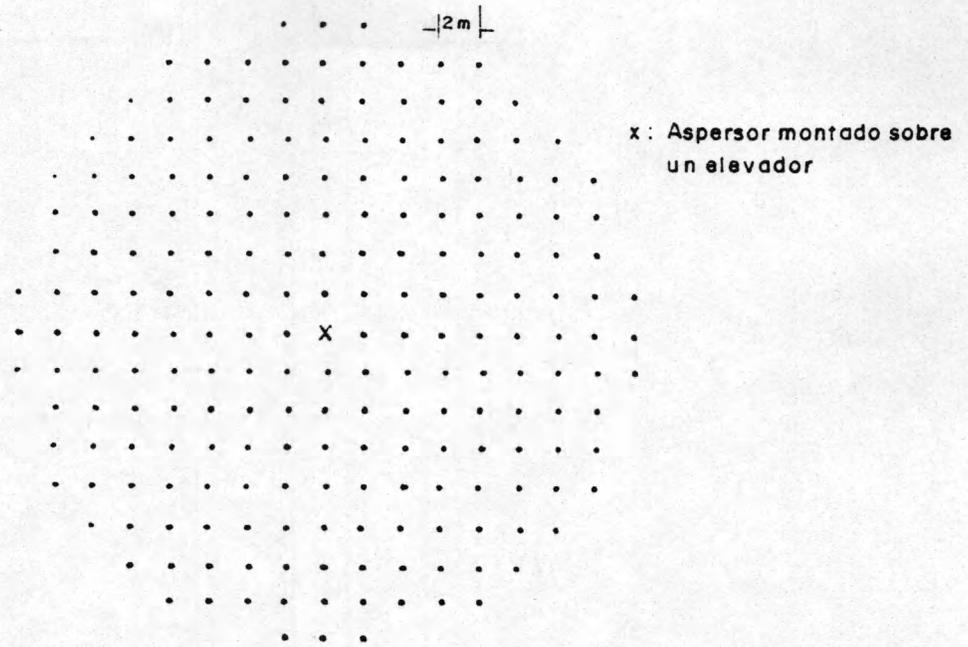


Fig. 3 _ Ensayo del aspersor único

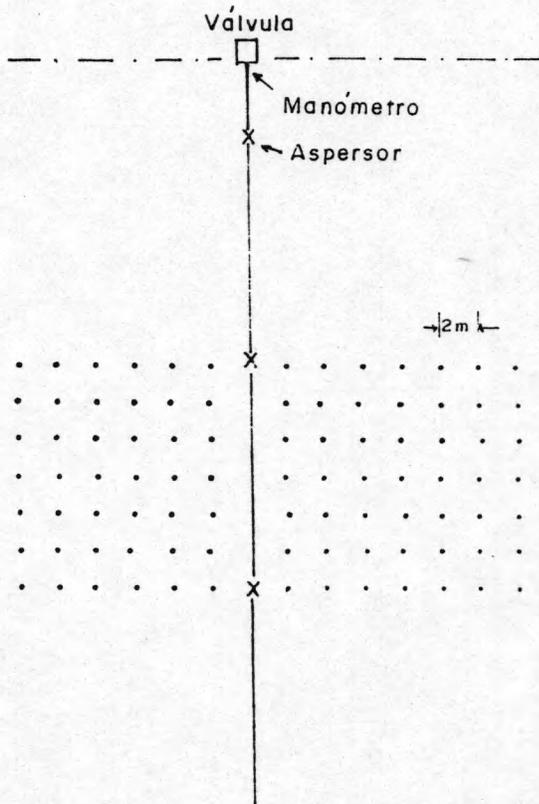


Fig. 4 _ Ensayo de línea lateral unitaria.

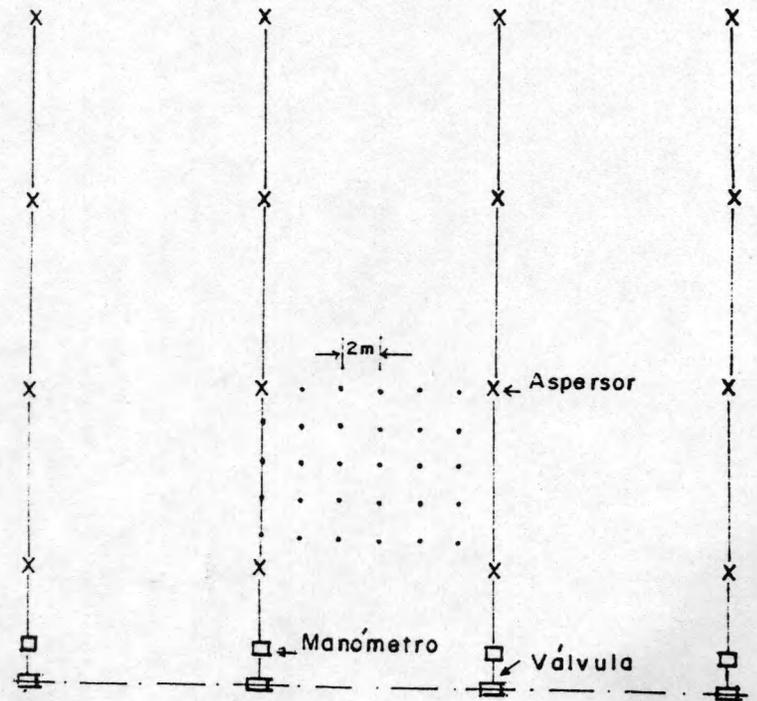


Fig. 5 _ Ensayo de líneas laterales operadas simultáneamente.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del ensayo

El ensayo se realizó en el período comprendido entre julio/93 a agosto/94, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, localizado en el Cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa, en el Departamento de La Paz, a 36 km de San Salvador, y con una elevación de 50 msnm.

Las coordenadas geográficas son: 89°05.8' longitud oeste, 13°28.8' latitud norte; coordenadas planas : 489.6 km - longitud oeste, 261.5 km latitud norte (4).

La ubicación del experimento fué, en el Lote La Bomba, en el área destinada a Cultivos Anuales.

3.2. Características generales de la zona

3.2.1. Suelos

De acuerdo a la antigua clasificación norteamericana del año 1938, se pueden diferenciar tres grandes grupos de suelos :

- a. Aluviales
- b. Regosoles
- c. Litosoles

La topografía predominante es de plana a ligeramente inclinada (menos de 2%), pero se puede encontrar en algunas zonas topografía ondulada a alomada (1).

3.2.2. Clima

De acuerdo a Koppen, Sapper y Lauyer la clasificación climática para la Estación Experimental es : Clima propio - de las Sabanas Tropicales Calientes o Tierra Caliente (0-800 msnm), y su asignación es Awaig.

Según la clasificación de las zonas de vida del Dr. Hol drige, se encuentra la zona siguiente: bh-s (C), bosque hú- medo, subtropical (con biotemperatura anual promedio de -- 24 °C) (1).

3.2.3. Temperatura

A través de todo el año se registra una temperatura me- dia mensual de 27.31 °C. La temperatura media para los me- ses de enero a abril varía de 25.3 °C a 27.9 °C; no obstan- te, las temperaturas máximas no sobrepasan los 34 °C en mar- zo y abril y las mínimas no disminuyen de 20 °C en los meses de diciembre y enero, que son considerados los más fríos del año (Cuadro A-1) (4).

3.2.4. Humedad relativa

La humedad relativa media mensual es de 73%, registrán- dose los valores medios más bajos en enero y febrero (60%), siendo septiembre donde se registra el más alto (84%) (4).

3.2.5. Viento

La velocidad del viento se ha medido a una altura de dos

metros sobre el nivel del suelo y las menores velocidades - se registran en el mes de septiembre (0.7 m/s) y las mayores se registran en enero con un valor de (1.5 m/s) (4).

3.2.6. Evapotranspiración (ETp)

La ETp de los meses: diciembre, enero y febrero es la más baja, con sumas mensuales de 140 a 150 mm y los mayores se obtienen en marzo y abril, 180 mm al mes; calculada por la fórmula de Hargreaves (4).

3.3. Recursos hídricos

Se utilizó la fuente de agua de un pozo profundo que abastece las necesidades de agua de la Estación Experimental, que está ubicado en el Lote La Bomba. La capacidad de este recurso es de 280 Gpm (4).

Según el sistema de clasificación de Riverside, es agua C_1S_2 , con poca salinidad y se puede utilizar en el riego de la mayor parte de suelos, con poca probabilidad que se desarrolle salinidad en ellos (1).

3.4. Metodología

El coeficiente de Uniformidad (Cu), se determinó utilizando el modelo del aspersor único, recomendado por J.E., Christiansen; el ensayo se desarrolló en tres fases consecutivas: fase de pre-campo, fase de campo, y fase de gabinete.

3.4.1. Fase de pre-campo

3.4.1.1. Aspersores

Los aspersores evaluados corresponden a las marcas SENNINGER, RAIN-BIRD, NELSON y NAAN. De dos boquillas y giro - completo.

En el caso específico de los aspersores SENNINGER, se -- evaluaron dos del mismo modelo (4023), con la diferencia en el diámetro de la boquilla primaria. Para diferenciar uno - del otro, al momento de la evaluación, al aspersor con boquilla primaria de 3.97 mm, se le identificó con un asterisco - después del nombre, así : SENNINGER* 4023.

El aspersor SENNINGER 4023, sin ninguna identificación, se refiere al de boquilla primaria de 4.76 mm. La boquilla secundaria de los dos aspersores es de 2.38 mm.

Las características generales de los aspersores evaluados pueden observarse en el Cuadro 2.

3.4.1.2. Presiones de operación

Las presiones de operación a las que se realizaron las pruebas son 40, 50 y 60 PSI, ya que permiten hacer un amplio análisis sobre el funcionamiento de los aspersores de presión intermedia y determinan el punto en el cual el aspersor ofrece el óptimo de eficiencia en el campo.

Cuadro 2 - Características nominales de los aspersores evaluados .

MARCA	MODELO	DIAMETRO DE BOQUILLAS (mm)	PRESION NOMINAL EN PSI	CAUDAL NOMINAL EN LPS	DIAMETRO MOJADO NOMINAL (m)
SENNINGER *	4023	3.97, 2.38	40	0.40	29
			50	0.44	31
			60	0.48	32
SENNINGER	4023	4.76, 2.38	40	0.52	30
			50	0.58	32
			60	0.63	34
SENNINGER	5023	6.35, 3.18	40	0.88	33
			50	0.92	35
			60	1.00	37
NELSON	F-33	5.16, 3.18	40	0.64	30
			50	0.71	31
			60	0.78	32
NELSON	F-43	4.37, 2.38	40	0.42	30
			50	0.47	30
			60	0.52	31
RAIN BIRD	14070	6.35, 3.18	40	0.86	33
			50	0.97	35
			60	1.06	37
RAIN BIRD	70C-W	7.94, 3.18	40	1.23	40
			50	1.39	41
			60	1.52	44
NAAN	233	4.90, 2.50	40	0.54	32
			50	0.57	33
			60	0.61	34

Senninger * : Aspersor con boquilla primaria de 3.97 mm .

3.4.1.3. Duración de las pruebas

El tiempo de funcionamiento de los aspersores fué de 45 minutos, tiempo en el cual descargaron un caudal adecuado - para hacer las evaluaciones. La toma de datos de pluviometría corresponden a un tiempo de trabajo de 1 hora de promedio. El horario de experimentación periódica se definió de las 06:00 horas a las 11:00 horas, para disminuir pérdidas por evaporación.

3.4.1.4. Delimitación del área de prueba y - estaquillado

Se delimitó un área de $1,600 \text{ m}^2$ (40 m x 40 m), utilizando un nivel de Ingeniero, Estatal y cinta métrica.

El estatal se utilizó para determinar las elevaciones de los puntos más críticos del terreno (el más alto y el más bajo). Conociendo los puntos críticos, se procedió a colocar una por una las estacas que quedaron en forma de cuadrícula, distanciadas a 2 metros una de la otra.

El propósito de esto fué para garantizar que todos los aros de las estacas quedaran a un mismo nivel, para que así al colocar los pluviómetros sobre los aros de alambre galvanizado, estuviesen a un mismo nivel y de esta manera al momento de la recolección de agua, todos estuvieran en iguales condiciones (Fig. 6).

3.4.1.5. Tubería y accesorios para la conducción del agua

Se utilizó tubería galvanizada de 70.5 mm de diámetro - (3 pulgadas), (6 tubos de 9 m c/u) como tubería principal y como lateral se utilizó tubería galvanizada de 47 mm de diámetro (2 pulgadas), (4 tubos de 6 m c/u).

La tubería principal se conectó a la fuente de agua (bomba de pozo profundo) y a ésta se conectó el lateral por medio de un MANIFOL (Figura 7), el cual estaba formado por reductores, válvula de paso y un manómetro (de 0 a 100 Psi), para el control de caudal y presión de operación.

El manífol se dejó fuera del área de prueba, para poder estar controlando la presión de servicio, sin disturbar la recolección de agua por los recipientes.

3.4.1.6. Altura del elevador

Al final de la tubería lateral (centro de la cuadrícula), se instaló un elevador de 1.20 m para colocar cada uno de los aspersores a evaluar. Se utilizó esta altura, considerando que puede ser utilizada para el riego de una amplia gama de cultivos, como por ejemplo: maní, pastizales y hortalizas.

3.4.2. Fase de campo

3.4.2.1. Estimación de las pérdidas de presión en el lateral



Fig. 6. Disposición de los pluviómetros en forma de cuadrícula en el área de prueba.



Fig. 7. Fuente de control (Manifold) de caudal y presión de operación del sistema.

Este paso se realizó con el objetivo de conocer las pérdidas de presión que se dieron en el lateral, desde la fuente de control de presión (Manómetro), hasta el aspersor y - poder de esta manera garantizar la presión de servicio adecuada en el sistema (Presión de Trabajo más Pérdidas).

Para calcular las pérdidas de presión en el lateral se utilizó la fórmula de Hazen y Williams.

$$H_f = 1.131 \times 10^9 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \left(\frac{1}{D}\right)^{4.87} L$$

En donde :

H_f = Pérdidas por fricción a lo largo del lateral (m)

Q = Descarga del aspersor (m^3/h)

C = Factor correspondiente al material de construcción de la tubería (aluminio).

D = Diámetro de la tubería (mm)

L = Longitud del lateral (m)

Ejemplo de cálculo para el aspersor RAIN-BIRD 14070 a 60 PSI.

Descarga = $3.89 m^3/h$; altura del elevador = 1.20 m;

$C = 130$; $D = 47$ mm; y $L = 24$ m.

$$H_f = 1.131 \times 10^9 \left(\frac{3.89}{130}\right)^{1.852} \times \left(\frac{1}{47}\right)^{4.87} \times 24$$

$$H_f = 0.29 \text{ m}$$

$$H_f + \text{Altura del elevador} = 0.29 + 1.20 = 1.49 \text{ m}$$

de c.a., equivalente a 2.12 PSI.

Este procedimiento se repitió para cada una de las evaluaciones.

3.4.2.2. Preparación del área para las pruebas

Esta consistió en colocar un aspersor sobre el elevador, garantizando su verticalidad, para evitar las descargas desuniformes.

Además del aspersor, se colocaron los recipientes (pluviómetros) en cada una de las estacas, hasta cubrir toda el área de prueba.

El área abierta de recolección de cada recipiente se determinó utilizando la fórmula ; $A = \pi d^2/4$.

El diámetro (d), se midió utilizando un pié de Rey, determinando así un área de recolección para cada recipiente de $6,360 \text{ mm}^2$ (milímetros cuadrados).

3.4.2.3. Medición de descarga del aspersor

Para la medición de la descarga del aspersor, se utilizó el método de volumen conocido, el cual consiste en aforar previamente un recipiente, para conocer su capacidad volumétrica; luego se pone a prueba y se mide con un cronómetro, el tiempo que tarda en recoger el volumen conocido a cualquier caudal.

En este trabajo se utilizó una cubeta plástica de 5 galones con una marca definida y se aforó hasta ella, con una probeta de 500 cc y se determinó una capacidad de 22,000 ml (22 lts). Con mangueras plásticas (colocando una en cada boquilla del aspersor, evitando las pérdidas por derrame), se

midió el tiempo que se tardó en llenar la cubeta hasta la - marca conocida, a cada una de las presiones de servicio (40, 50 y 60 Psi).

Este procedimiento se hizo por repetición (3 veces) para cada aspersor y para cada presión, con el objeto de dar confiabilidad a los resultados.

Con los datos obtenidos : Volumen y tiempo, se determinó el caudal (en litros por segundo) de descarga de cada aspersor a diferente presión, utilizando la fórmula : $Q = \text{Volumen} / \text{tiempo (Lps)}$.

3.4.2.4. Toma de datos antes de la prueba

Los datos tomados antes de la prueba fueron: Marca del aspersor, Modelo del aspersor, diámetro de las boquillas -- (primaria y secundaria), descarga del aspersor en Lps, altura del elevador y área de recolección de los pluviómetros. Estos datos fueron registrados en cada una de las hojas de anotación de las pruebas.

3.4.2.5. Estabilización de la presión de operación

Cada aspersor fué evaluado a tres diferentes presiones de operación (40, 50 y 60 Psi).

Para controlar la presión se utilizó un manífol (descrito anteriormente), y mientras se estabilizaba la presión, - el aspersor fué cubierto con una cubeta plástica (Figura 8,

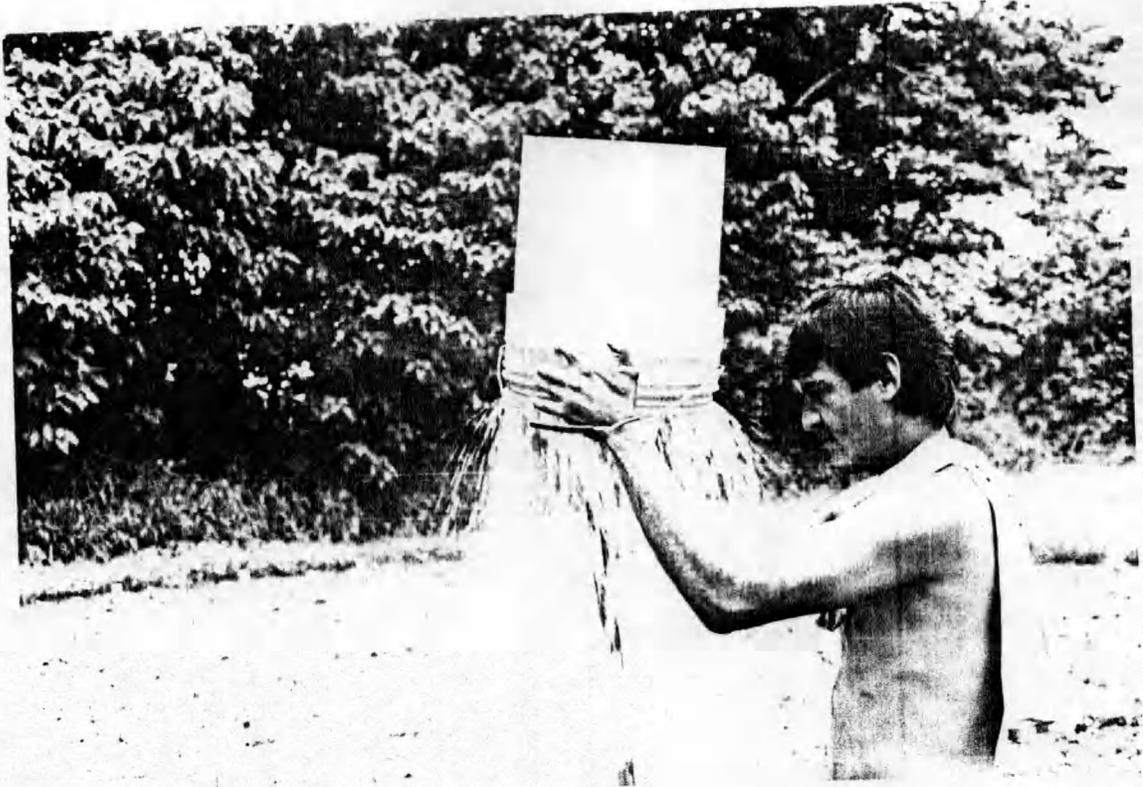


Figura 8. Control del chorro del aspersor, durante la estabilización de la presión de operación.

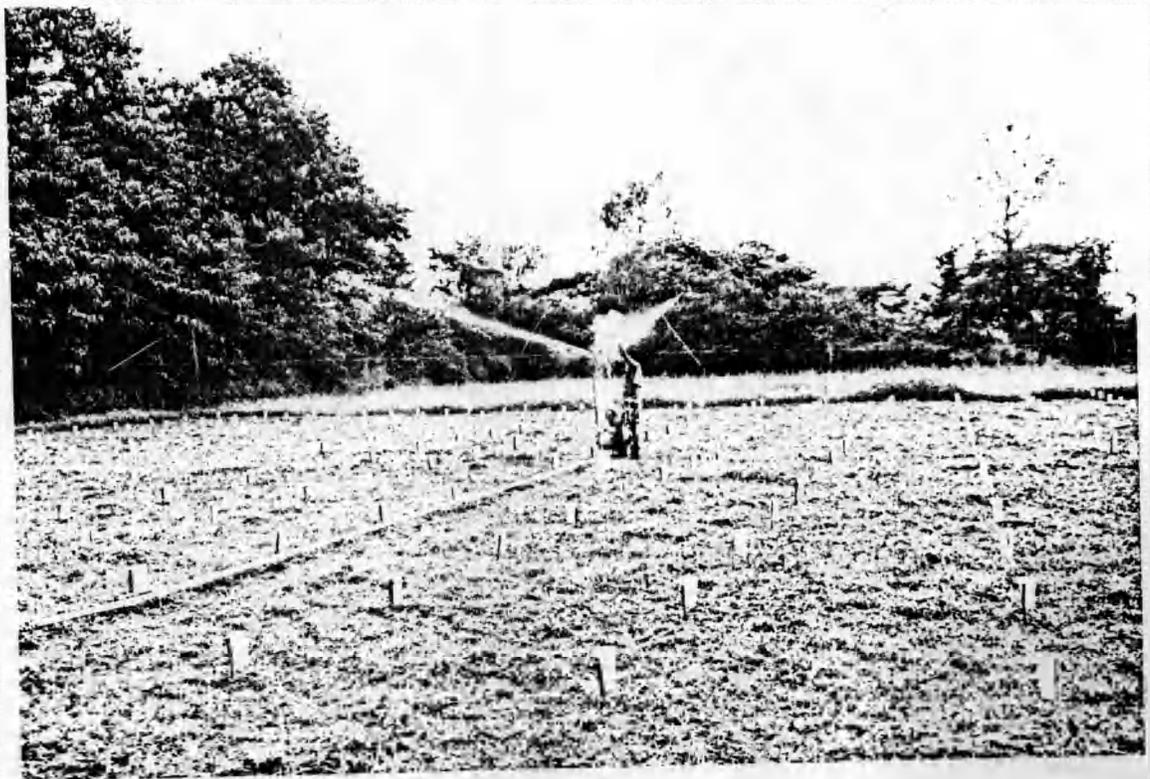


Figura 9. Inicio de la prueba, una vez estabilizada la presión de operación.

9), ésto se hizo con el propósito de que los recipientes no recogieran agua antes de comenzar de forma normal la prueba.

3.4.2.6. Toma de datos durante la prueba

Una vez estabilizada la presión deseada, la prueba tuvo una duración de 45 minutos, en el transcurso de este tiempo, se tomaron los datos de : Velocidad del viento, a una altura de 2 m considerando la altura del chorro de los aspersores - (a intervalos de 15 min); dirección dominante del viento y - la presión de operación del sistema.

3.4.2.7. Toma de datos después de la prueba

Los datos tomados fueron los volúmenes recolectados por cada uno de los recipientes.

La medición de volúmenes se hizo utilizando probetas de 100 mililitros (ml) y los resultados fueron anotados en la - cuadrícula de la hoja de anotación, siguiendo el orden establecido en ellas (Fila/columna) (Figura A-1).

El procedimiento descrito anteriormente se repitió para cada presión de operación y para cada uno de los aspersores evaluados.

3.4.3. Fase de gabinete

Esta fase se desarrolló en computadora, en la cual se - corrió el programa de riego CATCH3D, con la finalidad de obu

tener como resultado gráficas en tres dimensiones, en las que se representa la cantidad de agua recolectada por cada uno de los recipientes, así como tablas con datos estadísticos para cada uno de los espaciamientos de las pruebas realizadas (24 en total).

3.4.3.1. Descripción general del programa - CATCH3D

Este programa está diseñado para traslapar el aspersor individual en línea a la fuente de lecturas y simular espaciamientos rectangulares o triángulares. El resultado preliminar son gráficas en tres dimensiones que muestran la pluviometría de un aspersor al centro y con el espaciamiento de la ubicación de los recipientes en el área de prueba.

3.4.3.1.1. Información requerida por el programa para la elaboración de gráficos

La información requerida por el programa CATCH3D en su orden es la siguiente :

- Descripción de una línea : su finalidad es la de hacer una leyenda que identifique a las gráficas elaboradas, según la prueba realizada.
- Número de filas y columnas: Para delimitar el tamaño de la cuadrícula y de esta forma ubicar las lecturas individuales de los recipientes en fila/columna.

- Unidades de medida : Relacionada con las unidades de medida de las pluviometrías en el campo.
- Area abierta de los recipientes recolectores: Para determinar la eficiencia en cuanto a recolección de pluviometrías y descarga real del aspersor.
- Duración de la prueba : Tiempo de funcionamiento del sistema para cada prueba (45 minutos).
- Rango de descarga: Relacionado con la descarga real del aspersor medida en el campo.
- Velocidad y dirección del viento: Parámetros de mucha importancia ya que son los que definen la distribución uniforme del agua en el campo a regar.
- Distanciamiento de los recipientes: Se refiere a la localización que se le da a cada recipiente en el campo, y que deben de estar equidistantes uno del otro. Su importancia radica en que a partir de éste, se hacen las simulaciones de espaciamentos en valores múltiples al dado entre recipientes.
- Localización del aspersor: Esta se determina contando los espacios entre recipientes que hay desde arriba hacia abajo y de izquierda a derecha (aspersor al centro).
- Edición de lecturas individuales de los recipientes: Consiste en introducir todos los datos de pluviometría medidos después de la prueba; el programa los pide en el or-

de fila-columna.

- Cualquier valor que se introduzca erróneamente sólo puede ser corregido al final del programa en la sección de edición, que es donde pueden revisarse los datos generales del proceso y hacer las correcciones necesarias.

Al terminar de hacer las correcciones, el programa hace la representación gráfica en tres dimensiones de los datos (Gráfica original de la prueba).

3.4.3.1.2. Unidades utilizadas en los datos

Para las unidades de medida se utilizó el sistema métrico-decimal, como se describe a continuación :

- Las descargas pluviométricas se midieron en mililitros.
- El área abierta de recolección, en milímetros cuadrados (mm^2).
- El tiempo de duración de la prueba, en minutos (min).
- La descarga del aspersor, en litros por segundo (Lps).
- La velocidad del viento, en metros por segundo (m/s).
- La dirección del viento, en grados de desviación con respecto al Norte (de 0° a 360°).
- Distanciamiento entre recipientes, en metros (m).

3.4.3.2. Espaciamientos utilizados en las pruebas

Los espaciamientos utilizados para hacer las simulacio-

nes entre aspersores (SI) y entre laterales (SM), obedecen a valores múltiplos de 2 m, ya que los recipientes recolectados fueron distanciados a 2 x 2 m y el programa opera las simulaciones con valores múltiplos del valor utilizado para espaciar los pluviómetros en la prueba.

En el Cuadro 3, se presentan los valores utilizados para las simulaciones en el trabajo.

Cuadro 3. Espaciamientos utilizados en las simulaciones de SI y SM, para las pruebas de coeficiente de uniformidad (Cu).

ESPACIAMIENTO EN CUADRO			ESPACIAMIENTO EN RECTANGULO		
SI	x	SM	SI	x	SM
6		6	8		12
8		8	10		12
10		10	12		14
12		12	12		16
14		14	14		18
16		16	16		18
18		18	18		24
24		24			

4. RESULTADOS

4.1. Generalidades

El desarrollo de la metodología condujo a la obtención de resultados, que permiten establecer las relaciones existentes entre las características de operación de los aspersores y el grado de uniformidad de aplicación utilizando diferentes espaciamientos entre aspersores y entre laterales.

Para los propósitos de experimentación resulta de particular interés conocer tanto las condiciones bajo las cuales se desarrollaron las evaluaciones como los resultados de las mismas, en razón de ello en el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos en tres categorías :

- a) Condiciones de la evaluación
- b) Pluviometría de los aspersores
- c) Valores de Coeficiente de Uniformidad (Cu) y de Uniformidad de distribución (Du).

4.2. Condiciones de la evaluación

4.2.1. Altura del elevador

La altura del elevador es un factor que influye en la distribución de la descarga del aspersor, en el patrón de humedecimiento en el suelo y en el alcance de los diámetros de mojado, ante esta situación y a fin de uniformizar su efecto, la altura del elevador empleado fué de 1.20 m.

4.2.2. Velocidad del viento

La velocidad del viento ejerce una significativa influencia en los patrones de humedecimiento en el riego por aspersión cuando ésta alcanza valores arriba de 2.5 m/s. Los valores medidos para cada evaluación se presentan en el Cuadro 4, donde se tienen 17 pruebas en el rango de 0.44 m/s a 1.00 m/s; 4 en el rango de 1.00 m/s a 1.50 m/s y 3 pruebas con velocidades desde 1.50 m/s hasta 2.61 m/s.

4.2.3. Presión de operación, caudal y diámetro de mojado de los aspersores

Las características de funcionamiento de los aspersores, obtenidos durante las evaluaciones se presentan en el Cuadro 4. Teniéndose para las presiones reales de trabajo 42, 52 y 62 (excepto para el aspersor Rain-bird 70 C-W con 52.5 y 62.5), las unidades de libras por pulgada cuadrada; litros por segundo (Lps) para los caudales y metros para los diámetros de mojado.

El diámetro de mojado así expresado, corresponde al diámetro del círculo humedecido por el aspersor en cada prueba, para su medición se consideró el sector del círculo que presentó más uniformidad en cuanto al humedecimiento.

4.3. Pluviometría de los aspersores

Los datos pluviométricos obtenidos en las evaluaciones se presentan en los Cuadros de las Figuras A-2 a la A-25, en

Cuadro 4 - Características de funcionamiento de los aspersores en cada evaluación.

MARCA Y MODELO	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	PERDIDAS DE PRESION EN PSI	PRESION REAL DE TRABAJO (PSI)	CAUDAL REAL LPS	DIAMETRO MO. JADO REAL (m)
SENNINGER* 4023	1.50	1.773	42	0.41	28
	0.67	1.789	52	0.46	30
	1.11	1.804	62	0.50	30
SENNINGER 4023	1.44	1.819	42	0.54	31
	1.00	1.848	52	0.61	32
	0.74	1.871	62	0.66	33
SENNINGER 5023	0.80	1.966	42	0.84	34
	0.50	2.045	52	0.97	35
	0.55	2.128	62	1.08	36
NELSON F-33	0.92	1.871	42	0.66	29
	0.56	1.911	52	0.74	30
	0.83	1.943	62	0.80	31
NELSON F-43	0.78	1.804	42	0.50	28
	0.92	1.823	52	0.55	29
	0.67	1.849	62	0.61	30
RAIN-BIRD 14070	1.58	1.995	42	0.89	33
	2.61	2.059	52	0.99	34
	1.28	2.121	62	1.08	36
RAIN-BIRD 70C-W	0.67	2.291	42	1.30	38
	0.62	2.442	52.5	1.47	40
	2.07	2.557	62.5	1.59	42
NAAN 233	0.44	1.811	42	0.52	31
	0.72	1.823	52	0.55	32
	0.84	1.836	62	0.58	32

NOTA : Las pérdidas de presión incluyen, las del lateral (24 m)
y la altura del elevador (1.20 m)

Senninger * : Aspersor con boquilla primaria de 3.97 mm.

unidades de centímetros cúbicos, para efecto de su empleo - en el programa CATCH-3D.

Las figuras representan una visión en tres dimensiones de la distribución de la precipitación por los aspersores.

4.4. Valores de coeficiente de uniformidad (Cu) y uniformidad de distribución (Du).

En los Cuadros del 5 al 12, se presentan los valores obtenidos de coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución, que obedecen a diferentes combinaciones de espaciamiento entre aspersores y laterales, con la presión de -- operación (40, 50 y 60 PSI); así mismo, como se observa en los cuadros, estos datos se han agrupado de acuerdo a una disposición en cuadro y en rectángulo; partiendo el primero de un espaciamiento de 6 x 6 m hasta un 24 x 24 m y el segundo desde 8 x 12 m hasta un 18 x 24 m.

En el Cuadro 13, se presentan los valores de Cu y Du óptimos, de acuerdo a los criterios teóricos de diseño (Cu 85% y Du > 80%).

CUADRO 5.-- Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : SENNINGER*

MODELO : 4023.

ESPACIAMIENTO (SI x SM) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	92.7	95.6	94.9	97.8	90.6	95.4
8 x 8	91.2	94.8	94.6	96.6	92.0	93.8
10 x 10	90.9	92.7	73.4	86.7	76.3	85.4
12 x 12	82.9	89.2	82.7	88.6	75.1	81.3
14 x 14	77.9	84.7	72.5	84.2	68.6	76.8
16 x 16	72.2	81.0	72.2	81.3	67.6	74.0
18 x 18	58.5	71.9	76.6	81.9	62.3	68.4
24 x 24	15.8	39.6	42.9	58.4	29.3	46.2
8 x 12	88.0	92.4	87.1	92.0	84.7	89.9
10 x 12	88.8	92.5	79.8	88.3	80.5	85.2
12 x 14	79.4	86.4	81.8	86.6	72.2	80.1
12 x 16	73.3	84.2	75.1	83.7	70.2	76.8
14 x 18	69.0	77.8	71.1	79.4	67.7	71.4
16 x 18	66.1	76.3	69.8	80.9	67.4	70.4
18 x 24	36.4	50.1	52.0	64.9	42.1	51.3

(*) SI = posiciones entre aspersores

SM = posiciones entre laterales

CUADRO 6.. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : SENNINGER

MODELO : 4023

ESPACIAMIENTO (SI x SM) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	95.1	96.2	95.5	96.7	97.7	98.2
8 x 8	91.6	94.5	93.5	96.5	92.2	95.5
10 x 10	89.4	93.8	79.7	89.1	82.5	90.9
12 x 12	86.2	90.6	80.6	87.6	79.8	87.6
14 x 14	80.6	87.9	80.7	89.4	82.0	88.9
16 x 16	71.1	81.2	74.7	83.0	76.7	84.6
18 x 18	55.3	71.2	81.6	85.7	82.1	86.1
24 x 24	13.2	37.6	52.6	65.8	53.4	65.5
8 x 12	87.6	91.3	87.4	89.9	86.5	89.8
10 x 12	89.3	92.8	78.9	87.4	80.1	88.8
12 x 14	83.7	89.3	85.3	89.3	84.7	88.9
12 x 16	78.6	85.1	81.5	88.4	83.7	88.6
14 x 18	67.4	77.2	75.8	84.2	76.5	84.7
16 x 18	61.4	75.1	77.2	83.7	78.0	84.7
18 x 24	28.1	49.7	61.4	72.9	62.0	71.4

(*) SI = posiciones entre aspersores

SM = posiciones entre laterales

CUADRO 7.- Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : SENNINGER

MODELO : 5023

ESPACIAMIENTO (SI x SM) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	94.0	95.6	98.3	99.1	96.8	98.6
8 x 8	91.0	93.6	95.1	97.3	94.6	96.7
10 x 10	82.5	89.2	90.6	93.1	92.7	94.4
12 x 12	77.5	86.2	76.3	85.5	78.6	87.5
14 x 14	82.1	87.3	88.8	90.3	89.0	90.9
16 x 16	72.3	83.4	78.0	87.0	82.5	88.9
18 x 18	77.2	83.9	79.3	86.1	82.7	87.7
24 x 24	60.0	71.5	64.3	74.2	70.4	79.0
8 x 12	84.5	89.9	84.0	89.2	86.6	90.8
10 x 12	77.4	86.5	84.0	88.8	85.9	90.7
12 x 14	82.7	88.2	82.9	87.8	83.3	88.2
12 x 16	81.3	87.5	82.7	88.2	83.8	85.5
14 x 18	72.3	83.4	77.2	85.7	81.1	88.1
16 x 18	72.0	83.0	77.6	85.6	80.7	87.6
18 x 24	70.1	82.8	73.4	84.3	77.5	85.5

(*) SI = posiciones entre aspersores

SM = posiciones entre laterales

CUADRO 8.. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : NELSON

MODELO : F-33.

ESPACIAMIENTO (S I x S M) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	97.2	97.8	98.5	99.1	98.4	98.7
8 x 8	96.3	97.2	96.1	97.9	93.4	95.6
10 x 10	93.7	95.7	89.2	93.1	86.0	90.9
12 x 12	79.4	85.3	79.1	86.9	77.6	86.2
14 x 14	72.2	84.1	76.1	87.4	77.1	87.2
16 x 16	75.3	85.7	78.6	86.2	79.7	85.7
18 x 18	74.8	83.6	68.4	81.3	66.7	80.6
24 x 24	21.2	50.1	16.2	41.6	16.9	40.0
8 x 12	87.5	90.1	84.6	89.4	85.5	90.4
10 x 12	86.3	90.0	82.8	88.8	82.0	88.6
12 x 14	77.2	85.3	78.6	87.6	78.5	86.6
12 x 16	79.4	87.3	81.7	89.5	81.4	87.7
14 x 18	76.9	84.0	79.2	83.8	78.9	83.3
16 x 18	77.6	83.7	75.3	83.6	75.8	83.8
18 x 24	39.6	63.1	32.0	57.5	31.8	56.6

(*) S I = posiciones entre aspersores

S M = posiciones entre laterales

CUADRO 9.. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : NELSON

MODELO : F-43

ESPACIAMIENTO (S I x S M) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	95.3	96.7	94.5	96.8	92.6	95.9
8 x 8	93.6	96.5	94.9	96.9	95.2	97.1
10 x 10	77.9	86.3	91.3	94.9	98.8	96.5
12 x 12	64.2	76.9	76.2	84.1	82.3	87.3
14 x 14	59.7	77.4	65.1	79.8	67.6	79.4
16 x 16	65.9	78.9	64.5	81.3	60.7	77.6
18 x 18	62.7	76.6	68.5	79.8	60.5	78.6
24 x 24	10.6	36.5	28.9	57.5	44.1	68.2
8 x 12	81.3	86.6	84.2	87.4	87.8	90.5
10 x 12	72.7	82.5	83.2	87.3	87.8	90.4
12 x 14	61.3	76.3	70.8	81.3	74.5	81.5
12 x 16	33.1	77.8	71.5	83.0	71.5	81.4
14 x 18	67.6	76.9	69.3	82.8	65.9	80.9
16 x 18	67.4	77.4	67.5	80.7	60.3	79.0
18 x 24	28.9	56.8	47.1	66.0	58.3	71.3

(*) S I = posiciones entre aspersores

S M = posiciones entre laterales

CUADRO 10.. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSONOR : RAIN-BIRD

MODELO : 14070

ESPACIAMIENTO (SI x SM) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	94.8	96.6	96.7	98.2	98.4	99.1
8 x 8	96.0	97.3	95.4	96.7	95.6	97.6
10 x 10	92.4	95.1	95.0	96.8	93.0	95.4
12 x 12	91.7	94.0	91.3	94.2	94.7	96.7
14 x 14	81.3	87.4	83.4	89.0	86.5	91.0
16 x 16	75.3	82.3	80.1	87.6	80.3	86.3
18 x 18	69.8	81.8	80.3	89.2	76.6	86.8
24 x 24	64.4	77.0	51.9	73.6	71.4	83.2
8 x 12	89.2	92.5	92.4	94.4	93.4	96.2
10 x 12	93.8	95.6	91.7	94.2	94.9	96.9
12 x 14	89.4	92.8	85.1	89.7	90.7	94.0
12 x 16	80.8	88.0	81.8	88.7	85.7	90.6
14 x 18	75.0	84.7	84.5	90.0	81.9	88.6
16 x 18	73.8	82.3	81.5	89.5	79.6	86.7
18 x 24	71.7	80.7	67.5	79.2	79.7	86.1

(*) SI = posiciones entre aspersores

SM = posiciones entre laterales

CUADRO 11.. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : RAIND BIRD

MODELO : 70 C-W

ESPACIAMIENTO (S I x S M) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	96.6	98.2	97.2	98.4	96.3	97.4
8 x 8	94.6	96.6	94.5	95.8	94.6	96.9
10 x 10	87.5	92.2	84.3	90.6	85.6	91.7
12 x 12	79.0	88.1	89.5	93.4	90.7	94.0
14 x 14	58.6	76.4	62.8	79.1	67.5	81.0
16 x 16	79.8	86.2	74.9	81.7	70.4	81.0
18 x 18	63.7	81.0	75.7	85.9	82.1	87.6
24 x 24	69.7	78.8	75.4	79.9	76.5	82.1
8 x 12	86.5	91.9	90.5	94.6	92.7	95.7
10 x 12	82.4	89.5	86.6	91.4	87.9	92.7
12 x 14	67.0	80.6	76.7	85.2	77.0	85.9
12 x 16	71.3	84.2	76.6	86.3	80.2	84.9
14 x 18	76.0	82.6	74.2	81.9	71.6	83.1
16 x 18	74.8	84.9	80.9	84.8	77.5	84.3
18 x 24	63.8	74.7	62.8	76.1	67.8	80.6

(*) S I = posiciones entre aspersores

S M = posiciones entre laterales

CUADRO 12. Coeficiente de Uniformidad (Cu); y Uniformidad de Distribución (Du), para diferentes presiones de operación y espaciamientos entre aspersores y laterales.

ASPERSOR : N A A N

MODELO : 233

ESPACIAMIENTO (S I x S M) *	PRESION DE OPERACION: 40 Psi		PRESION DE OPERACION: 50 Psi		PRESION DE OPERACION: 60 Psi	
	Du	Cu	Du	Cu	Du	Cu
6 x 6	97.1	98.4	97.2	98.6	98.8	98.9
8 x 8	95.8	97.3	94.2	97.0	96.6	97.8
10 x 10	85.5	91.8	87.1	93.4	92.4	95.6
12 x 12	90.3	94.0	91.8	95.8	96.0	97.6
14 x 14	84.0	90.4	84.4	92.0	89.7	94.3
16 x 16	84.2	89.9	84.1	91.8	89.5	93.3
18 x 18	82.7	89.5	81.6	88.5	82.1	87.5
24 x 24	40.6	62.5	37.0	58.5	34.6	55.6
8 x 12	92.8	94.8	90.2	95.0	96.6	97.6
10 x 12	88.6	92.6	91.8	95.8	94.4	96.0
12 x 14	87.6	91.9	82.3	90.9	93.4	95.4
12 x 16	86.7	91.0	85.4	92.5	91.4	94.9
14 x 18	81.4	88.0	83.0	89.0	85.4	90.0
16 x 18	83.2	88.9	82.3	89.4	86.9	90.0
18 x 24	51.0	66.3	31.6	64.9	47.9	63.5

(*) S I = posiciones entre aspersores

S M = posiciones entre laterales

Cuadro 13 - Cu y Du óptimos, de acuerdo a las disposiciones de aspersores y laterales en función de la presión de operación .

PRESION DE OPERACION Y ASPERSOR	ESPACIAMIENTO EN CUADRO	Du	Cu	ESPACIAMIENTO EN RECTANGULO.	Du	Cu
<u>40 psi</u>						
SENNINGER* 4023	12 x 12	82.9	89.2	12 x 14	79.4	86.4
SENNINGER 4023	14 x 14	80.6	87.9	12 x 16	78.6	85.1
SENNINGER 5023	14 x 14	82.1	87.3	12 x 16	81.3	87.5
NELSON F-33	12 x 12	79.4	85.3	12 x 16	79.4	87.3
NELSON F-43	10 x 10	77.9	86.3	8 x 12	81.3	86.6
RAIN BIRD 14070	14 x 14	81.3	87.4	12 x 16	80.8	88.0
RAIN BIRD 70C-W	16 x 16	79.8	86.2	10 x 12	82.4	89.5
NAAN 233	18 x 18	82.7	89.5	16 x 18	83.2	88.9
<u>50 psi</u>						
SENNINGER* 4023	12 x 12	82.7	88.6	12 x 14	81.8	86.6
SENNINGER 4023	18 x 18	81.6	85.7	12 x 16	81.5	88.4
SENNINGER 5023	18 x 18	79.3	86.1	12 x 16	82.7	88.2
NELSON F-33	12 x 12	79.1	86.9	12 x 16	81.7	89.5
NELSON F-43	10 x 10	91.3	94.9	10 x 12	83.2	87.3
RAIN BIRD 14070	18 x 18	80.3	89.2	16 x 18	81.5	89.5
RAIN BIRD 70C-W	18 x 18	75.7	85.9	16 x 18	80.9	84.8
NAAN 233	12 x 12	91.8	95.8	12 x 14	82.3	90.9
<u>60 psi</u>						
SENNINGER* 4023	10 x 10	76.3	85.4	10 x 12	80.5	85.2
SENNINGER 4023	18 x 18	82.1	86.1	12 x 16	83.7	88.6
SENNINGER 5023	18 x 18	82.7	87.7	16 x 18	80.7	87.6
NELSON F-33	16 x 16	79.7	85.7	12 x 16	81.4	87.7
NELSON F-43	12 x 12	82.3	87.3	10 x 12	87.8	90.4
RAIN BIRD 14070	16 x 16	80.3	86.3	18 x 24	79.7	86.1
RAIN BIRD 70C-W	18 x 18	82.1	87.6	12 x 16	80.2	84.9
NAAN 233	18 x 18	82.1	87.5	16 x 18	86.9	90.0

Senninger * : Aspersor con boquilla primaria de 3.97 mm .

5. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Generalidades

En nuestro país son pocas las investigaciones que se realizan sobre el riego por aspersión, y que orienten sus resultados a la generación de nuevos parámetros que sirvan de base para el diseño de estos sistemas.

El presente trabajo ha tenido como objetivo, generar datos preliminares de diseño para establecer espaciamientos entre aspersores y laterales, tomando como base datos prácticos de coeficiente de uniformidad, asociándolos además, con los criterios teóricos de espaciamiento ($SI \leq 50\% DM$ y $SM \leq 65\% DM$, donde $DM =$ diámetro de mojado).

Para poder cumplir con lo planteado es necesario considerar los siguientes aspectos: a) condiciones de la evaluación; b) efecto de la presión de operación en los valores de Cu ; y c) influencia del espaciamiento entre SI y SM en los valores de Cu .

5.2. Condiciones de la evaluación

5.2.1. Efecto del viento

Las velocidades de viento registradas no produjeron efectos considerables en el patrón de humedecimiento, como se puede apreciar en las Figuras A-2 a la A-25; ya que en su mayoría se encuentran en el rango de 0.44 m/s a 1.58 m/s

(Cuadro 4). Es de hacer notar que, aunque se hayan registrado velocidades de 2.07 m/s y 2.61 m/s, en las pruebas de los aspersores Rain-bird 70 C-W a 60 Psi y Rain-bird 14070 a 50 Psi respectivamente, éstas no produjeron efecto significativo, como puede observarse en sus respectivas Figuras A-22 y A-18.

Según KELLER (18) y SHANI (23), las velocidades de viento registradas no dificultan el riego por aspersión, ya que se encuentran en las categorías sin viento y de viento medio.

5.2.2. Características del funcionamiento de los aspersores

5.2.2.1. Caudal de descarga

Como puede observarse en los Cuadros 2 y 4, los caudales reales fueron superiores a los caudales nominales en el caso de los aspersores: Senninger 4023, Nelson F-33, Rain-bird 14070 (en un promedio de 0.03 Lps), Senninger 5023 (en un rango de 0.04 a 0.09 Lps), Nelson F-43 y Rain-bird 70 C-W (con una variación promedio de 0.08 Lps). No así para el caso del aspersor Naan 233 donde la variación promedio fue de 0.02 Lps a favor de los caudales nominales.

Las variaciones observadas pueden tener su explicación en diferentes causas: Variaciones de fabricación, fluctuaciones de la presión de la bomba durante la prueba, etc. No

obstante, las desviaciones obtenidas con relación a los valores indicados por el fabricante no se consideran significativos.

5.2.2.2. Diámetro de mojado (DM)

En los Cuadros 2 y 4 es posible ver la variación existente entre los valores nominales y reales de los datos, cuya variación oscila entre 1 y 2 metros.

Considerando además, que el DM es un criterio práctico para la simulación de espaciamientos, se puede afirmar que los resultados obtenidos no presentan diferencia significativa con los valores ofrecidos por el fabricante; y las variaciones obtenidas se deben a que el aspersor no vierte un chorro uniforme en toda la longitud de su recorrido.

5.2.3. Simulación de espaciamientos

En los resultados ofrecidos por el CATCH 3D, se tiene que entre menor es el espaciamiento mayor es el Cu y a medida que el espaciamiento aumenta el Cu disminuye significativamente. Para una mejor elección del espaciamiento debe tenerse en cuenta el criterio de diseño establecido por J.E. - CHRISTIANSEN (Cu 85%).

5.3. Coeficiente de Uniformidad (Cu)

5.3.1. Efecto de la presión de operación en los valores de Cu

En el análisis realizado sobre el efecto de la presión de operación en los valores de Cu, se consideró el comportamiento que muestra el Cu, cuando la presión de operación pasa desde 40 Psi hasta 60 Psi, en el cual se observaron los siguientes casos :

- Los valores de Cu, tienden a disminuir a medida aumenta la presión de operación, como puede observarse en el Cuadro 5 para el aspersor SENNINGER* 4023 a un espaciamiento de 12 x 12; donde el Cu pasa de 89.2 (40 Psi) a 81.3 (60 Psi).
- Los valores de Cu, tienden a aumentar conforme aumenta la presión de operación. Este caso se puede observar en el Cuadro 9 para el aspersor NELSON F-43 a un espaciamiento de 12 x 12; donde el Cu pasa de 76.9 (40 Psi) a 87.3 (60 Psi).
- El Cu no presenta una tendencia definida a medida aumenta la presión, como puede observarse en el Cuadro 7 para el aspersor SENNINGER 5023 a 12 x 12, donde el Cu pasa de 86.2 (40 Psi) a 85.5 (50 Psi) y luego sube a 87.5 (60 Psi).

En términos generales, se puede decir que los valores de Cu obtenidos no pueden demostrar una relación definida entre la presión de operación y el Cu.

No obstante, en términos de la utilidad práctica de los valores de Cu ($\geq 85\%$), cuando éstos sean ligeramente mayo-

res del 85%, se puede considerar que las variaciones de presión no tiene un efecto significativo, quedando a criterio del diseñador, establecer el valor adecuado de presión.

5.3.2. Efecto del espaciamiento entre laterales y aspersores en el valor de Cu

Los valores de Cu que se presentan en los Cuadros del 5 al 12, se interpretan como los resultados ofrecidos por la combinación de espaciamientos y presión de operación. No obstante, como se puede observar, los valores más altos de Cu corresponden a espaciamientos pequeños y los valores más bajos de Cu, a espaciamientos largos, tal como lo afirma ZIMMERMAN (25).

Lo descrito anteriormente, demuestra que el comportamiento de los valores de Cu, es inversamente proporcional al espaciamiento dado entre SI y SM; esto obedece a que a medida se aumenta el espaciamiento entre aspersores y laterales, el porcentaje de traslape del diámetro de mojado disminuye.

La representación gráfica de la uniformidad en el traslape puede observarse en las Figuras de la A-26 a la A-74, con sus respectivos valores de Cu y Du, así también para la disposición en cuadro y rectángulo.

Aplicando los criterios teóricos de diseño para las condiciones del ensayo sin viento ($SI \leq 50\% DM$ y $SM \leq 65\% DM$), los valores obtenidos de espaciamientos se aproximaron a los

empleados en las simulaciones realizadas, y en la mayoría de los casos los valores de Cu obtenidos bajo este criterio, -- son inferiores al 85%.

Casos particulares se presentaron en los aspersores: SENNINGER 4023 (Cuadro 6), a un espaciamiento de 16 x 18 m, con una presión de 60 PSI, donde el valor de Cu corresponde a un 84.7%; SENNINGER 5023 (Cuadro 7), a un espaciamiento de 18 x 24 m a 50 PSI, con un Cu de 86.1% y con el mismo espaciamiento utilizando una presión de 60 PSI, el Cu es de 85.5%.

Además, se puede decir que los aspersores que cumplieron con los criterios teóricos de diseño para las tres presiones evaluadas son: RAIN-BIRD 14070 y NAAN 233, Cuadros 10 y 12, respectivamente.

Por otra parte, en los resultados obtenidos se tienen valores de Cu cercanos al 100%, pero éstos corresponden a los espaciamientos más cortos, los que no son económicamente rentables para el usuario, debido a la gran cantidad de equipo a utilizar. También se tienen espaciamientos largos que contribuirían a disminuir los costos de adquisición del equipo, pero éstos ofrecen un valor bajo de Cu, lo que tiene como - consecuencia, una pobre uniformidad en el reparto del agua.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, debe considerarse la mejor combinación de longitud de tubería, así también aquel valor de Cu que cumpla con los criterios de dise-

concluir
OK
OK

ño ($\geq 85\%$) y que ofrezcan a la vez una economía en la adquisición del equipo, para tal efecto pueden considerarse los casos presentados en el Cuadro 13.

5.4. Uniformidad de distribución (Du)

5.4.1. Efecto de la presión de operación y espaciamentos en los valores de Du

El efecto de la presión y los espaciamentos entre aspersores y laterales en los valores de Du obtenidos, son similares a los discutidos para el Cu.

Con relación a la presión, los valores de Du no muestran un comportamiento definido, por lo que no se puede determinar una relación; sin embargo, cuando los valores de Du son 80%, puede considerarse que el efecto de la presión es no significativo.

En lo que respecta al espaciamento entre aspersores y entre laterales, los valores más altos de Du corresponden a los espaciamentos cortos y los más bajos a espaciamentos largos, tal como puede observarse en los Cuadros del 5 al 12. Esto demuestra que el Du es directamente influenciado por los espaciamentos utilizados.

Para KELLER (18), una Uniformidad de Distribución del 80% es satisfactoria para el diseño de sistemas de riego por aspersión; por lo que debe utilizarse la mejor combinación de presión de operación y espaciamentos que ofrezca un va-

lor de Du aceptable en términos prácticos ($\geq 80\%$), como -
los presentados en el Cuadro 13.

6. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la experiencia obtenida, se puede afirmar la factibilidad de utilizar el método de evaluación del aspersor único, para generar datos preliminares de diseño en riego por aspersión.
2. Las velocidades de viento registradas en el ensayo, no produjeron efectos considerables en el patrón de humedecimiento.
3. Las desviaciones obtenidas entre los valores reales de caudal de descarga y diámetro de mojado, con relación a los valores indicados por el fabricante, no se consideran significativas en las evaluaciones realizadas.
4. Los resultados de Cu obtenidos, demuestran que no hay una relación definida entre la presión de operación y el Cu; sin embargo, cuando los valores de Cu son mayores o iguales al 85%, cualquier variación de presión, en términos prácticos no tiene importancia significativa, ya que éstos siempre cumplen con los criterios de diseño.
5. Debido a la variación observada entre los valores de Cu, con relación a los diferentes valores de espaciamiento entre SI y SM, se concluye que: a medida aumentan los espaciamientos, los valores de Cu disminuyen de manera significativa y que los valores más altos de Cu correspon-

den a los espaciamientos más cortos; sin embargo, no deben tomarse sólo los valores altos de Cu, sino aquellos que cumplan con los criterios de diseño y que garanti-cen una buena combinación de presión y longitud de tubería.

6. Bajo las condiciones del ensayo sin viento, al aplicar los criterios teóricos de diseño ($SI \leq 50\%$ DM y $SM \leq 65\%$ DM). en la mayoría de los casos no se obtuvieron valores prácticos de Cu, lo que destaca la importancia de realizar pruebas de campo, previas al diseño de sistemas de riego por aspersión o en sistemas recién instalados, con la finalidad de mejorar o realizar las correcciones necesarias y así garantizar un buen funcionamiento del sistema y una adecuada uniformidad de aplicación del riego en los cultivos.

7. La Uniformidad de Distribución presentó una variación similar al reportado por el Cu, en cuanto a la presión de operación y los espaciamientos entre SI y SM, por lo que se concluye que los valores de Du disminuyen a medida se aumenta el espaciamiento y que la presión no tiene una relación definida con los valores de Du encontrados.

7. RECOMENDACIONES

1. Considerando los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda utilizar rangos para el SI de 45 a - 50% del DM y para el SM de 55 a 65% del DM, para obtener valores aceptables de Cu en términos prácticos.
2. Sobre la base de los resultados, se recomienda utilizar los datos que aparecen en el Cuadro 13, para cada presión de operación y espaciamiento indicado, los cuales garantizan un Cu del 85% y un Du de 80%.
3. No obstante que algunos fabricantes proporcionan las características de funcionamiento de los aspersores, es necesario realizar evaluaciones previas de los aspersores a utilizar con fines de generar datos preliminares de diseño y así garantizar un buen funcionamiento del sistema, en cuanto a la uniformidad de aplicación del agua.
4. Debido a que la computación es una herramienta que contribuiría a mejorar las metodologías de diseño y evaluación de sistemas de riego, se recomienda incluirla de manera permanente y aplicada en el Pensum de enseñanza de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
5. Se recomienda a los Agricultores que tienen sistemas de riego por aspersion recién instalados en los que no se -

haya realizado evaluación previa del sistema, realizar la evaluación sobre Cu, con la finalidad de efectuar -- las correcciones necesarias en el sistema y optimizar -- el uso de los recursos.

6. La metodología de evaluación utilizada en el presente -- trabajo, se recomienda para ampliar la investigación, -- con la sugerencia de que; la disposición entre pluviómetros se efectúe a un metro, con diferentes alturas de -- elevador y tiempos de aplicación.

8 . BIBLIOGRAFIA

1. ALEMAN O., S.R.; BAIREZ P., C.R.; HERNANDEZ Q., C.A.; MENA G., O.E. 1989. Evaluación de los bulbos de humedecimiento con fines de generar datos preliminares para el sistema de riego por goteo. Tesis Ing. Agr., San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 11.
2. ARDON MARTINEZ, M.A.; GUTIERREZ JULE, C.A.; LOPEZ CASTRO, F.C.; SANTOS GARCIA, J.A. 1993. Evaluación de sistemas de riego. San Andrés, La Libertad. Escuela Nacional de Agricultura (E.N.A.). P. (2-8).
3. ARMONI, S. 1984. El riego por goteo. CINADCO, Israel. P. 1-2.
4. BONILLA, H.A.; MURILLO, O.A. 1992. Evaluación de sistemas de riego por goteo y microaspersión no convencionales en pepinos (Cucumis sativus) en San Luis - Talpa. Tesis Ing. Agr., San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. 12-48.
5. BROUWER, C. 1987. Manejo del agua de riego; introducción al riego. FAO. Roma, Italia. P. 73.
6. CARPOFORO OLIVARES, A. DE L. 1975. Sistema de riego y sus estudios. CIDIAT. Mérida, Venezuela. P. 1-3.

7. CENAMAR. 1982. Memoria de curso de riego por aspersión. Sacramento, México. P. 74-86.
8. DOMINGUEZ, G.F. 1971. El riego; su implantación y su técnica. Madrid, España. DOSSAT. P. 166-170.
9. FAO. 1987. Manuales para educación agropecuaria: Riego y Drenaje. Boletín # 35. 6a. ed. México. Trillas. P. (75-83).
10. FUSADES. 1988. Importancia y desarrollo del riego en el país. El Diario de Hoy. San Salvador (El Salv.). Jun./19, 26:9, 12.
11. GUROVICH, L.A. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica. IICA.
12. GONZALEZ, R. 1978. Principios de riego y drenaje. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Depto. de Ingeniería Agrícola. P. s.p.
13. _____. s.f. Métodos y técnicas de riego. San Salvador, El Salv. s.n.t. P. 4-6.
14. HAUSENBERG, J.; SELA, R. 1982. Regulated Sprinklers and Irrigation equipment. Israel. San Sprinkler. P. (1-3).
15. HIDALGO, V.M.; MOLINA P., E.L.; TEJADA A., J.M. 1990. Guía general de riegos para la zona oriental del país. Tesis Ing. Agr. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. P. (1-6).

16. ISRAELSEN, O.W. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Trad. Alberto García Palacios. 2 ed. Es paña, Reverte. P. 319-325.
17. JUAREZ D., K.L.; LANDAVERDE V., M. de J.; SANCHEZ D., B.A. 1991. Diseño de un programa de riego para la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis Ing. Agr. San Sal vador, Universidad de El Salvador, Fac. de Ciencias Agronómicas. P. 50-52.
18. KELLER, J. 1983. Manual de diseño de sistemas de riego por aspersión y goteo. Trad. por Héctor H. Mano lo UTAH, Estados Unidos. Centro Internacional de Riego. P. 41 - 44.
19. MENDOZA, A.E. 1992. Desarrollo actual del riego en El Salvador. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Correspondencia personal.
20. OLLIER, CH.; POIREEM. 1977.. El regadío. 4 ed. Barce lona, España. ETA. P. 5-7, 156-157.
21. SAINT FOULC, J.D. 1975. El riego por aspersión. 3 ed. Barcelona, España. ETA. P. 77-84.
22. SAVALDI, D. 1990. Material de estudio sobre microaspersión Israel. CINADCO. P. s.n.
23. SHANI, M.; SAPIR, S. 1988. El riego por aspersión, -- equipos y métodos. Trad. Jorge Trarchitzky. Israel. Ministerio de Agricultura. P. 2-6, 23.

24. WITHERS, B.; VIPOND, S. 1978. El riego, diseño y práctica. Trad. por Agustín Contín. México, DIANA. - P. 55, 172-180
25. ZIMMERMAN, J.D. 1970. El riego. Trad. por Guillermo A. Fernández de Lara. México. Continental. P. 197-200.

9. A N E X O S

CUADRO A-1. Resumen de elementos climáticos para la Estación La Providencia, para un período de once años (1976 - 1987).

MES ELEMENTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P MEDIA			21.17	26.60	176.66	306.55	297.00	276.06	269.55	196.60	49.60	4.13
T °C MEDIA	25.30	26.20	26.80	27.90	27.40	26.80	26.60	26.60	26.0	26.10	26.0	26.0
T °C MAXIMA	33.3	33.4	33.5	33.3	32.1	32.4	33.1	32.9	31.8	31.7	33.0	30.2
T °C MINIMA	20.8	21.4	21.9	22.6	24.2	23.3	22.6	22.6	22.7	22.6	21.9	21.4
H R %	60	60	64	64	79	81	80	81	84	81	74	68
VIENTO 2 mts. (m/s)	1.5	1.4	1.4	1.2	1.0	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9	1.1
R a	12.41	13.6	14.9	15.7	15.8	15.70	15.72	15.65	15.14	14.12	13.25	12.47
E T P	152	137	165	162	146	153	164	161	141	146	138	140

Fuente : Bonilla Lara, Hugo A. , Modificado

La E.T.P. se calculó por el método de HARGREAVES

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor : _____
Modelo del emisor : _____
Diámetro de boquillas : _____ (mm)
Descarga : _____ (lps)
Presión de operación : _____ (psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba : _____ (min.)
Altura del elevador : _____ (m)
Area de recolección (recipiente) : _____ (mm²)
Dirección del viento : _____ (grados)
Velocidad del viento : _____ (m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					

Fig. A-1. Hoja de anotación para las pruebas de pluviometría.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER*</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>3.97 - 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.41</u>	(ips)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>120°</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>1.5</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILE COLUMN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	1	2	4	3	3	1	1	0	0	0	0	0			
5				0	0	1	5	8	8	9	7	5	3	1	0	0	0	0			
6				0	1	7	9	10	8	9	9	9	9	3	1	0	0	0			
7				1	6	9	9	9	8	9	9	11	10	8	3	0	0	0			
8				3	8	10	8	8	12	17	17	17	13	11	7	0	0	0			
9				3	8	9	7	13	21	33	30	27	18	13	7	1	0	0			
10				2	7	9	9	18	35	32	33	34	22	14	9	2	0	0			
11				2	7	12	13	22	27	24	27	28	21	12	9	2	0	0			
12				2	5	12	13	21	31	30	25	22	16	10	7	1	0	0			
13				1	3	8	15	18	19	20	19	16	11	9	4	1	0	0			
14				0	2	5	10	13	10	11	11	10	8	6	1	0	0	0			
15				0	0	1	4	8	10	9	8	8	6	3	1	0	0	0			
16				0	0	0	1	3	5	5	5	4	3	0	0	0	0	0			
17				0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
18				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19																					
20																					
21																					

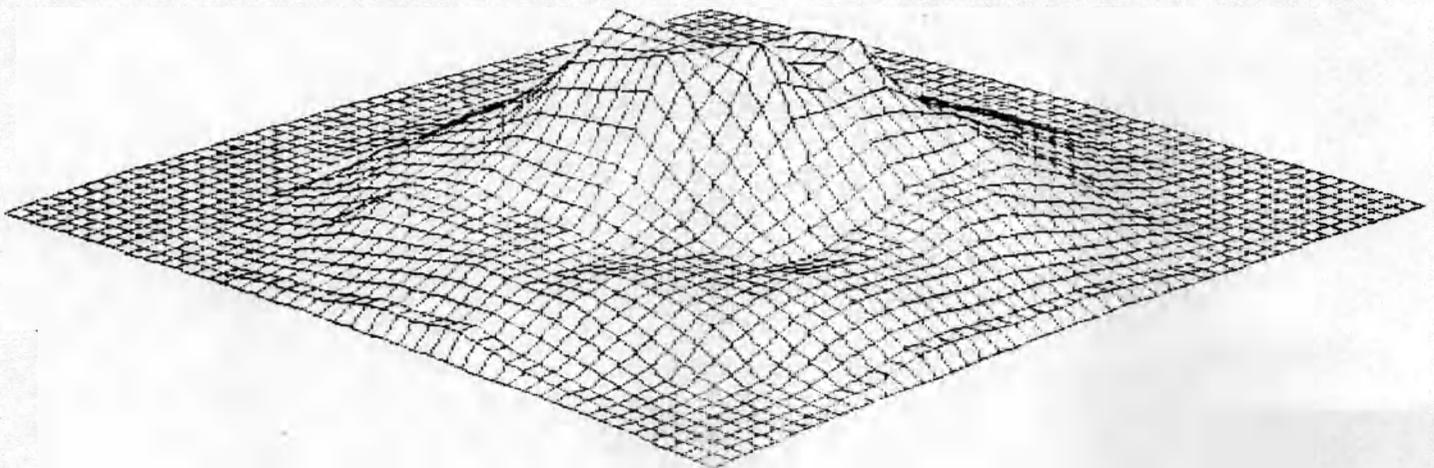


Figura A-2. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 40 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER*</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>3.97 - 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.46</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>120</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.67</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA NÚM.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5				0	0	0	0	2	4	5	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0
6				0	0	1	5	8	9	10	9	8	8	6	4	0	0	0	0	0	0
7				0	1	5	10	12	10	9	9	8	8	9	8	4	0	0	0	0	0
8				0	5	9	11	10	9	13	12	11	7	8	9	8	3	0	0	0	0
9				1	8	10	10	8	17	21	22	18	13	9	9	9	5	1	0	0	0
10				2	9	11	9	13	22	31	31	25	17	10	7	7	6	1	0	0	0
11				2	10	11	8	15	27	32	26	29	17	11	7	8	8	2	0	0	0
12				2	10	10	9	15	24	32	34	24	16	10	7	7	6	2	0	0	0
13				1	9	11	10	11	18	22	23	18	14	9	7	7	6	1	0	0	0
14				0	6	11	11	8	10	15	14	13	9	8	8	8	5	0	0	0	0
15				0	2	8	12	10	10	8	8	8	7	8	8	6	2	0	0	0	0
16				0	0	3	8	11	11	10	9	9	9	9	7	4	0	0	0	0	0
17				0	0	1	3	5	7	6	7	7	6	4	3	1	0	0	0	0	0
18				0	0	0	0	0	2	4	5	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0
19																					
20																					
21																					

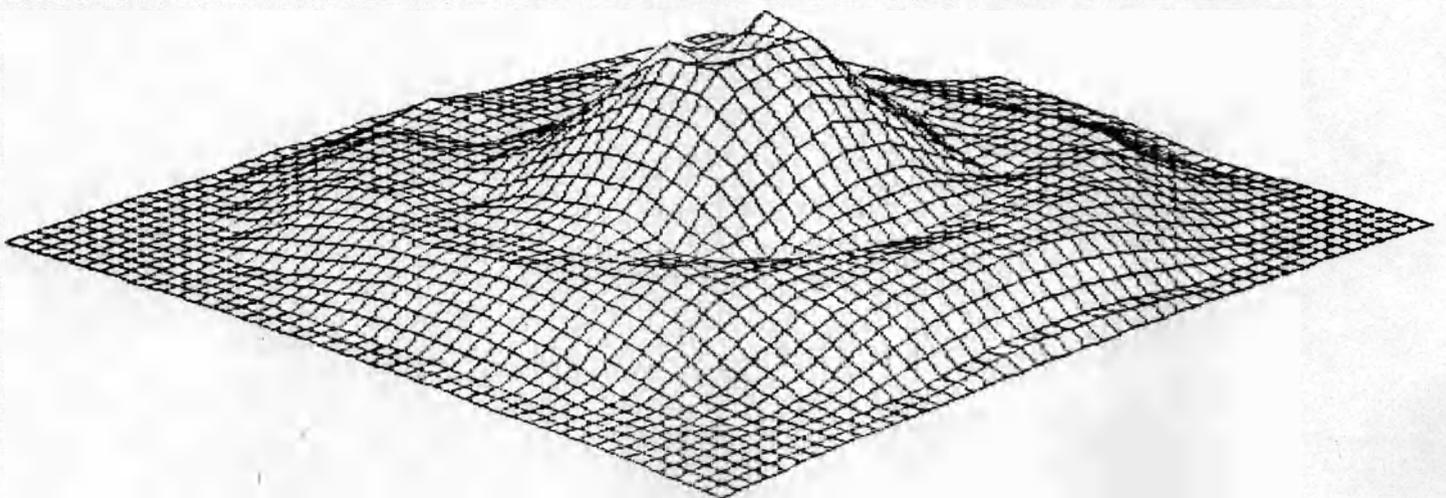


Figura A-3. Representación en tres dimensiones de pluvio metría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 50 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER*</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>3.97-2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.50</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>60.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>150</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>1.11</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4			0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5			0	0	0	1	3	4	5	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6			0	0	2	5	8	10	10	10	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0
7			0	1	6	10	11	11	12	13	12	13	11	5	3	0	0	0	0	0	0
8			1	4	8	10	10	10	12	16	16	14	12	10	5	1	0	0	0	0	0
9			1	7	10	10	8	11	22	33	31	23	16	11	7	3	0	0	0	0	0
10			2	8	10	8	7	15	36	56	48	32	17	12	8	4	0	0	0	0	0
11			3	8	10	9	7	15	45	31	35	36	20	11	9	4	0	0	0	0	0
12			2	8	10	9	6	13	32	43	36	31	15	9	8	3	0	0	0	0	0
13			1	5	9	10	9	10	17	25	24	18	12	10	7	3	0	0	0	0	0
14			0	5	9	9	10	10	10	13	12	10	9	8	5	2	0	0	0	0	0
15			0	0	5	7	9	10	9	10	9	8	8	6	3	1	0	0	0	0	0
16			0	0	1	4	6	7	7	8	8	8	6	3	1	0	0	0	0	0	0
17			0	0	0	1	3	6	4	5	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
18			0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20																					
21																					

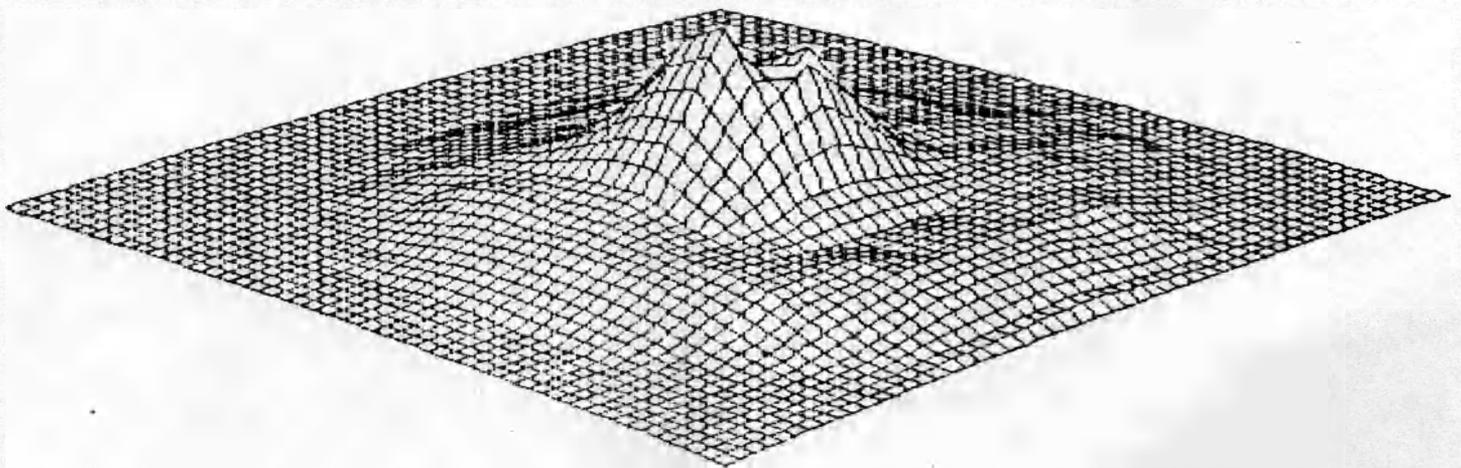


Fig. A-4. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER* 4023 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.76 . 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.54</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>190</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>1.44</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																							
2																							
3			0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
4			0	0	0	1	1	3	5	4	5	1	1	1	0	0	0	0	0				
5			0	0	1	4	10	12	14	10	9	6	5	1	1	0	0	0	0				
6			0	1	1	9	7	17	15	13	14	10	10	3	1	0	0	0	0				
7			0	2	9	12	15	15	17	15	17	15	13	9	2	0	0	0	0				
8			1	7	12	12	14	16	25	28	27	22	18	11	7	1	0	0	0				
9			2	8	12	13	11	24	35	34	35	28	23	12	8	1	1	0	0				
10			2	9	12	16	20	33	35	33	37	38	25	12	8	1	1	0	0				
11			1	6	12	18	23	30	46	29	35	35	23	13	9	1	0	0	0				
12			1	2	9	16	22	26	36	39	36	28	16	9	6	1	0	0	0				
13			0	1	5	10	19	19	26	25	24	16	11	6	2	1	0	0	0				
14			0	0	1	7	13	15	17	15	14	8	7	1	1	0	0	0	0				
15			0	0	1	1	5	9	10	9	9	5	5	1	0	0	0	0	0				
16			0	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0				
17			0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
18			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
20																							
21																							

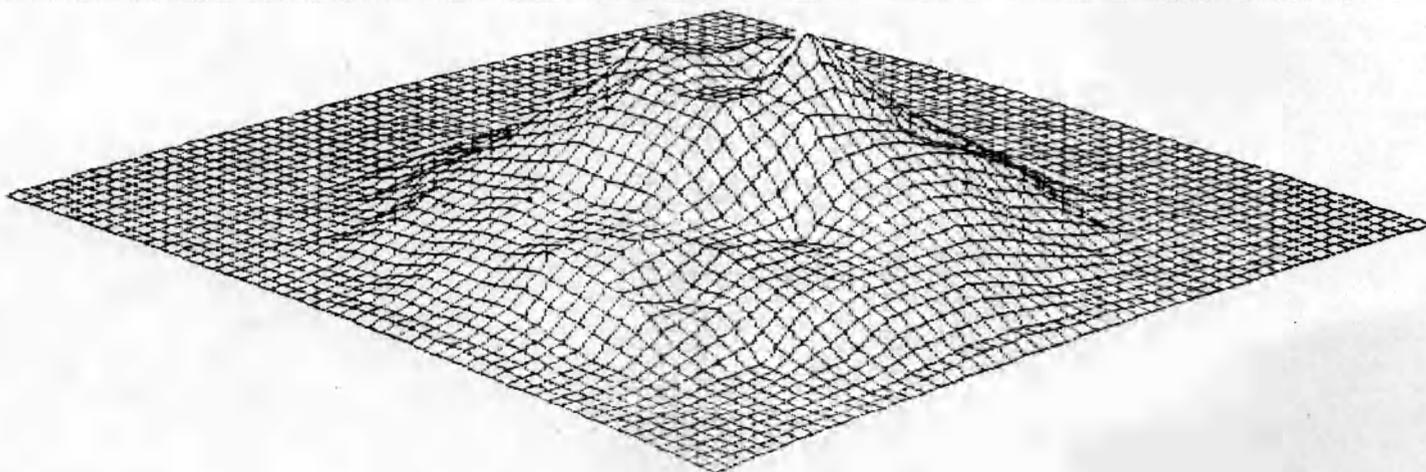


Figura A-5. Representación en tres dimensiones de pluvio metría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 40 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

		<u>SENNINGER</u>	
Fabricante del emisor	:	<u>4023</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4.76 · 2.38</u>	(mm)
Diámetro de boquillas	:	<u>0.61</u>	(ips)
Descarga	:	<u>50.0</u>	(psi)
Presión de operación	:		

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>25</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>1.0</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4			0	0	0	0	0	0	4	4	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0	
5			0	0	0	0	4	7	11	11	10	11	9	6	5	1	0	0	0	0	
6			0	0	0	5	12	15	14	13	12	13	12	11	10	4	1	0	0	0	
7			0	0	3	12	16	16	15	12	12	12	12	12	9	5	0	0	0	0	
8			0	1	8	15	16	16	15	15	18	17	12	12	13	11	8	3	0	0	
9			0	3	11	15	16	16	22	28	30	28	18	13	12	11	10	6	0	0	
10			0	5	14	16	17	19	31	43	38	39	25	15	12	11	11	8	0	0	
11			0	6	15	16	15	22	33	37	28	37	28	18	12	12	11	9	1	0	
12			0	5	15	16	16	20	33	45	40	38	25	17	12	11	12	8	1	0	
13			0	4	12	16	16	15	25	29	31	29	19	12	12	11	11	7	0	0	
14			0	1	8	14	16	14	16	18	22	19	13	12	13	12	10	4	0	0	
15			0	0	4	11	15	14	14	12	15	14	12	12	14	10	8	1	0	0	
16			0	0	1	6	12	14	14	14	15	14	13	13	12	7	2	0	0	0	
17			0	0	0	0	6	11	13	12	14	14	13	11	8	1	0	0	0	0	
18			0	0	0	0	0	1	6	7	8	9	6	5	1	0	0	0	0	0	
19			0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
20																					
21																					

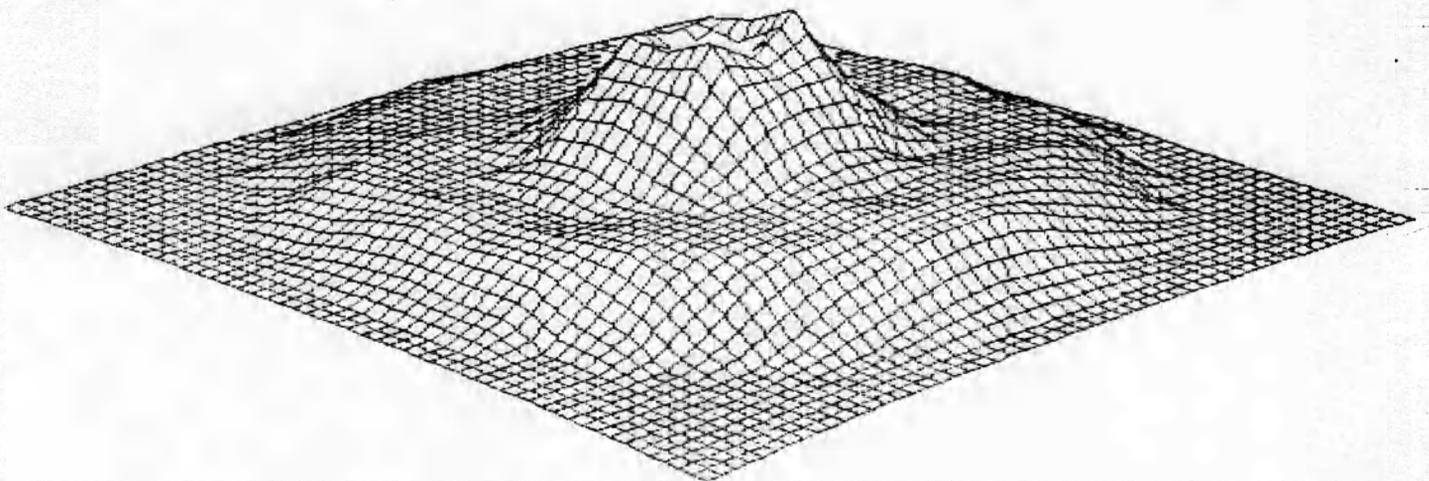


Figura A-6. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 50 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER</u>	
Modelo del emisor	:	<u>4023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.76 . 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.66</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>60.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>30</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.74</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
4			0	0	0	0	0	1	4	4	6	5	5	1	1	0	0	0	0	0	
5			0	0	0	1	5	8	10	11	11	10	10	7	5	2	0	0	0	0	
6			0	0	1	5	11	13	13	13	13	13	13	11	8	6	3	0	0	0	
7			0	0	5	13	15	15	15	13	13	13	14	12	11	8	6	1	0	0	
8			0	2	10	15	16	16	14	17	18	16	13	13	12	10	8	4	1	0	
9			0	4	14	17	17	16	24	30	33	28	19	13	12	10	6	1	0	0	
10			0	7	14	17	16	21	34	43	40	43	29	17	13	13	10	8	2	0	
11			0	10	17	18	16	25	42	41	32	39	33	20	14	14	12	8	2	0	
12			0	7	15	18	16	23	39	45	37	40	29	17	13	13	11	7	2	0	
13			0	6	14	17	16	16	28	36	37	33	22	15	13	13	10	5	0	0	
14			0	4	12	15	16	15	15	20	23	20	14	15	14	13	9	4	0	0	
15			0	1	7	13	15	15	15	13	15	14	13	15	13	10	5	1	0	0	
16			0	0	1	8	13	14	15	14	15	15	13	13	10	7	2	0	0	0	
17			0	0	0	2	8	11	12	12	13	13	12	9	6	2	0	0	0	0	
18			0	0	0	0	1	4	7	8	8	7	6	5	1	0	0	0	0	0	
19			0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
20																					
21																					

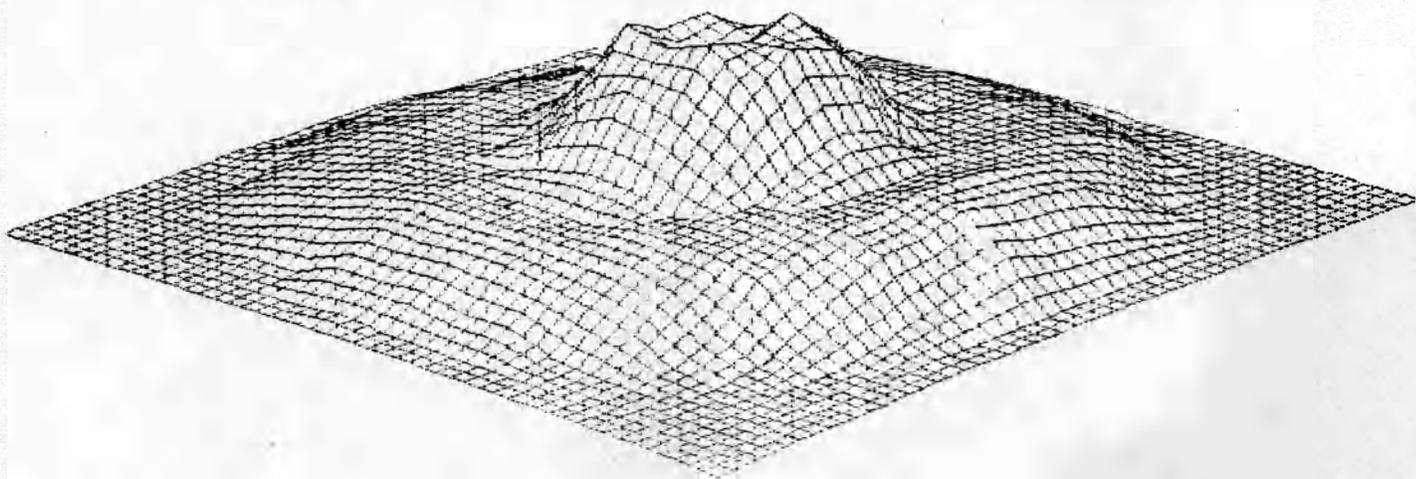


Figura A-7. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 4023 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER</u>	
Modelo del emisor	:	<u>5023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>6.35.3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.84</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>350</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.8</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3			0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0		
4			0	0	0	0	2	5	11	13	14	10	8	5	1	0	0	0	0		
5			0	0	0	3	14	17	17	18	18	19	16	13	8	3	1	0	0		
6			0	0	4	14	19	18	18	16	17	17	16	15	15	12	4	0	0		
7			0	2	13	20	19	16	14	13	14	13	13	15	16	13	7	1	0		
8			0	8	19	20	16	14	16	17	18	17	13	13	13	13	12	5	0		
9			1	13	22	20	15	16	20	24	25	21	18	15	13	14	13	8	0		
10			3	17	22	19	15	19	26	37	38	30	21	15	12	15	16	10	0		
11			3	16	23	17	16	20	29	38	35	34	24	18	14	14	16	11	0		
12			3	17	20	16	15	19	26	39	38	32	21	16	13	15	16	11	0		
13			2	17	20	18	15	16	21	26	28	22	18	15	13	16	15	9	2		
14			0	8	15	18	15	14	16	20	20	18	15	14	14	17	14	6	4		
15			0	4	13	18	16	14	13	13	13	12	13	14	15	9	3	4			
16			0	0	6	16	17	16	16	13	13	13	15	15	11	5	0	3			
17			0	0	0	5	11	16	17	11	14	16	14	15	11	4	0	0	1		
18			0	0	0	0	4	8	12	10	14	13	13	10	4	0	0	0	0		
19			0	0	0	0	0	0	3	4	5	4	3	1	0	0	0	0	0		
20																					
21																					

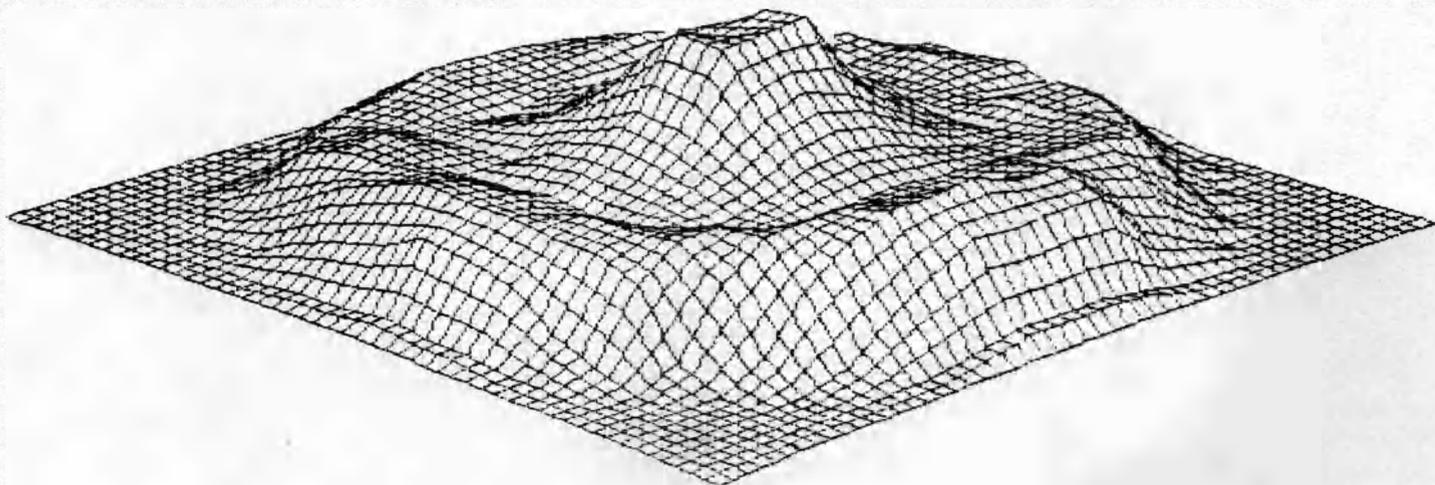


Figura A-8. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 40 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>SENNINGER</u>	
Modelo del emisor	:	<u>5023</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>6.35 . 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.97</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>340</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.5</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	1	6	9	13	14	12	11	7	3	0	0	0	0	0	0
5		0	0	0	0	4	11	14	18	17	18	17	16	15	13	6	1	0	0	0	0
6		0	0	0	4	12	17	20	28	18	18	19	18	18	17	16	9	2	0	0	0
7		0	0	3	9	17	19	18	18	17	15	15	15	16	17	15	12	7	1	0	0
8		0	0	5	17	19	18	19	18	20	19	18	15	14	15	15	16	13	4	0	0
9		0	1	10	19	22	22	20	24	27	28	25	22	16	15	16	15	11	2	0	0
10		0	3	14	20	22	22	25	28	36	43	37	25	18	14	16	16	16	8	1	0
11		0	3	16	22	24	22	27	33	44	40	43	28	20	16	16	18	16	11	2	0
12		0	2	12	21	22	21	25	31	46	50	44	26	18	15	14	15	17	11	2	0
13		0	1	10	21	22	21	22	27	32	37	30	22	18	15	16	17	18	10	0	0
14		0	0	5	15	18	21	19	22	25	25	23	20	16	14	16	17	16	6	0	0
15		0	0	2	11	18	20	20	20	19	19	18	17	16	17	16	15	11	2	0	0
16		0	0	0	5	13	18	20	20	18	17	18	18	18	17	16	14	5	1	0	0
17		0	0	0	0	5	11	16	18	18	18	18	16	16	14	13	7	0	0	0	0
18		0	0	0	0	1	3	7	13	15	18	12	15	11	10	5	1	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	1	4	6	8	8	8	5	3	1	1	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21																					

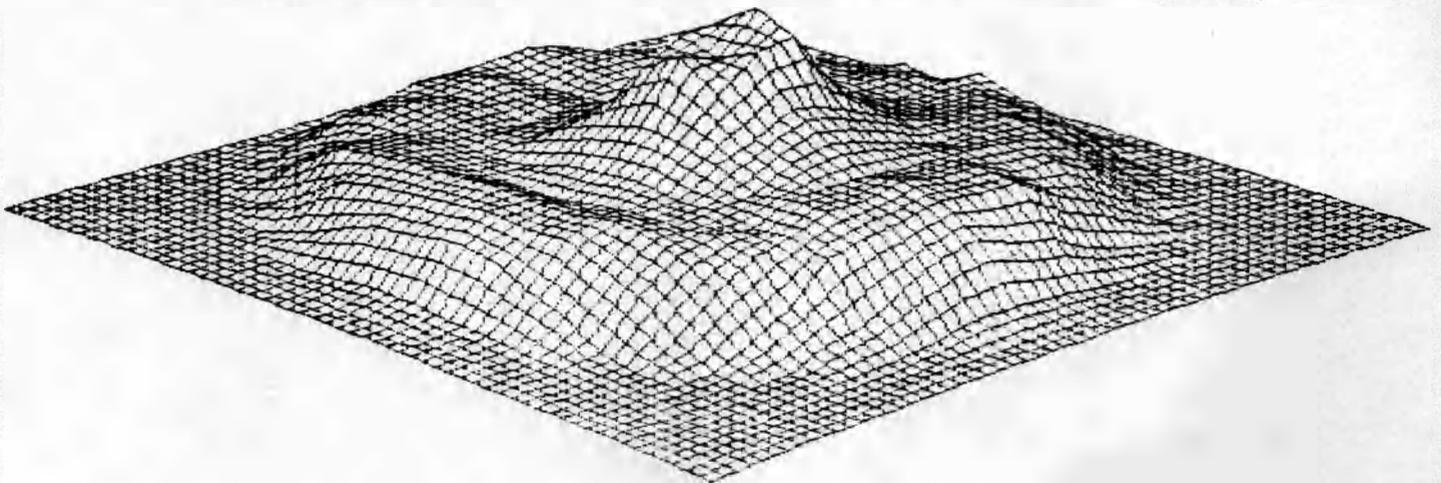


Figura A-9. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 50 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

		<u>SENNINGER</u>	
Fabricante del emisor :	<u>SENNINGER</u>		
Modelo del emisor :	<u>5023</u>		
Diametro de boquillas :	<u>6.35 , 3.18</u>		(mm)
Descarga :	<u>1.09</u>		(lps)
Presion de operacion :	<u>60.0</u>		(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duracion de la prueba :	<u>45.0</u>		(min.)
Altura del elevador :	<u>1.20</u>		(m)
Area de recoleccion (recipiente) :	<u>6.360</u>		(mm ²)
Direccion del viento :	<u>100</u>		(grados)
Velocidad del viento :	<u>0.55</u>		(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	2	3	3	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	9	2	7	11	12	13	13	12	10	9	4	1	0	0	0	0	0
5		0	0	0	4	10	12	15	15	17	15	18	15	13	10	5	2	0	0	0	0
6		0	0	3	8	16	17	19	18	20	19	21	17	17	14	12	6	1	0	0	0
7		0	0	11	15	19	20	22	21	22	20	21	19	20	16	15	10	3	0	0	0
8		0	3	13	17	21	21	22	21	25	23	24	21	21	19	17	13	9	3	0	0
9		0	8	17	20	24	22	24	28	33	34	29	24	21	19	20	15	13	5	0	0
10		0	11	18	22	24	22	26	32	45	50	42	28	24	19	20	15	13	6	0	0
11		1	12	19	21	25	22	27	38	56	43	49	30	23	19	21	17	14	7	0	0
12		0	10	19	21	23	23	29	38	51	58	40	27	22	18	22	17	14	7	0	0
13		0	6	17	20	23	21	24	28	38	37	32	24	19	18	19	16	13	5	0	0
14		0	4	15	18	22	21	22	22	25	24	24	20	19	18	19	15	12	3	0	0
15		0	1	10	17	20	20	22	19	21	21	21	17	19	18	17	12	7	1	0	0
16		0	0	3	12	17	19	22	20	21	20	20	19	19	15	14	9	3	0	0	0
17		0	0	0	5	13	15	18	17	20	18	18	16	16	12	10	4	0	0	0	0
18		0	0	0	0	6	10	13	14	16	15	14	13	11	7	3	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	2	5	8	10	9	11	6	3	1	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21																					

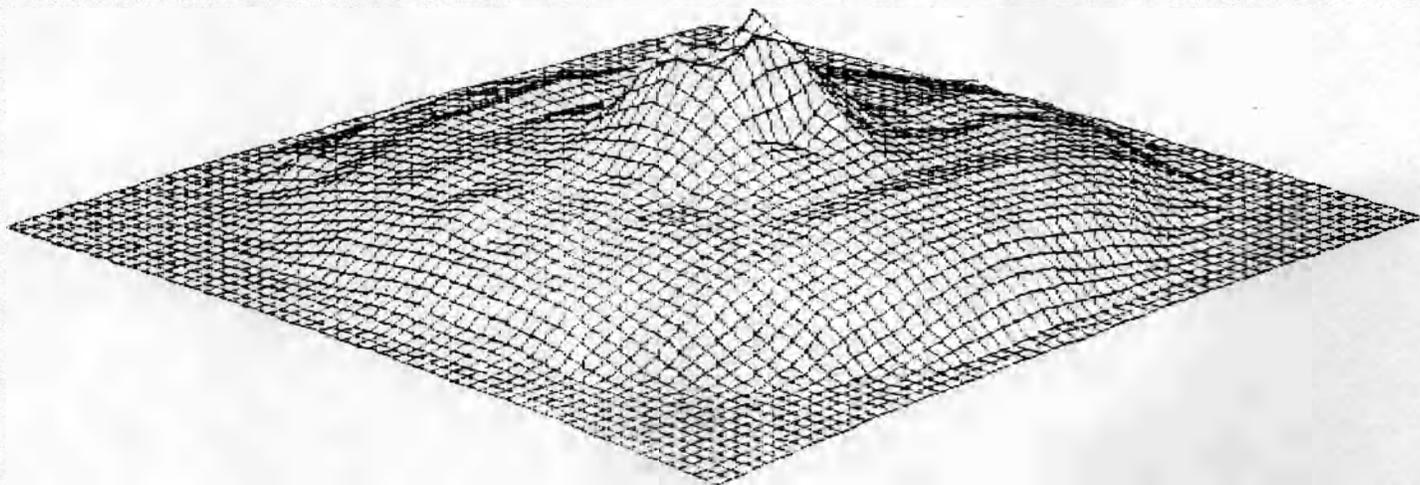


Figura A-10. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor SENNINGER 5023 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-33</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>5.16 . 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.66</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>150</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.92</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA / COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5				0	0	0	1	4	5	6	6	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6				0	0	2	8	15	17	15	16	14	9	4	0	0	0	0	0	0	0
7				0	0	8	15	22	27	28	28	24	17	11	4	1	0	0	0	0	0
8				0	8	17	23	29	33	34	37	36	29	18	9	1	0	0	0	0	0
9				0	13	20	28	30	34	30	31	36	35	26	15	4	1	0	0	0	0
10				4	16	23	29	31	27	27	29	33	36	30	18	8	2	0	0	0	0
11				5	17	23	28	30	27	30	30	29	33	30	20	8	1	0	0	0	0
12				4	11	22	27	30	26	27	26	27	32	28	19	7	2	0	0	0	0
13				3	15	18	25	29	31	27	26	30	28	24	16	6	0	0	0	0	0
14				1	9	17	20	25	27	27	29	28	23	16	11	3	0	0	0	0	0
15				0	3	11	15	17	21	22	21	21	16	12	6	1	0	0	0	0	0
16				0	0	4	9	12	13	15	15	12	10	6	1	0	0	0	0	0	0
17				0	0	0	1	5	9	8	9	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0
18				0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19																					
20																					
21																					

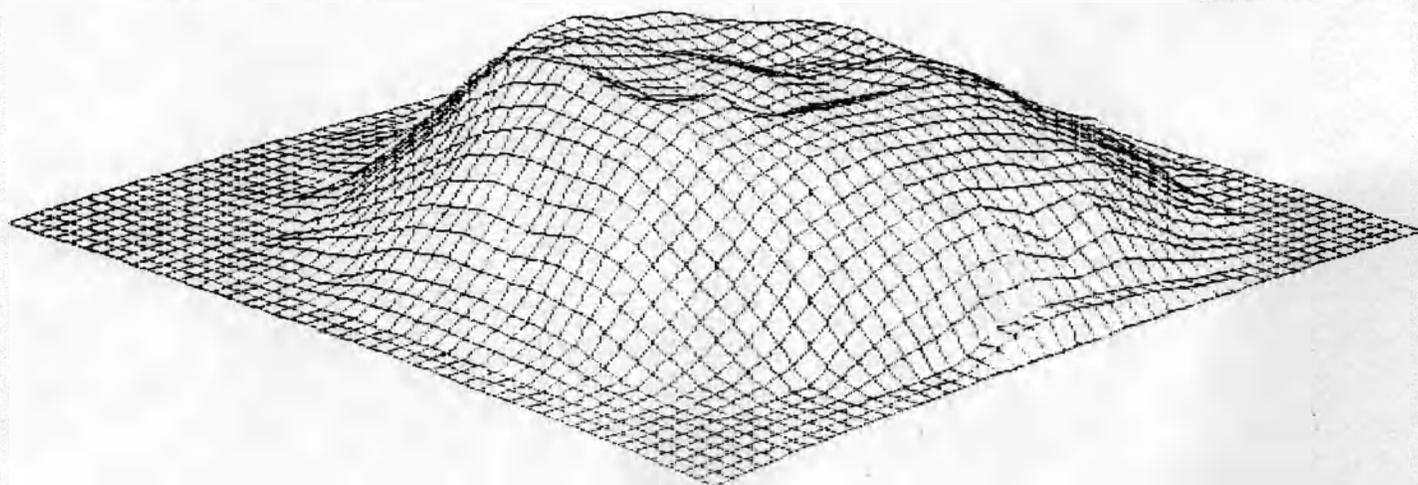


Figura A-11. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 40 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-33</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>5.16 , 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.74</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>160</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.56</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	Columna	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																							
2																							
3																							
4				0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0					
5				0	0	1	3	6	8	9	7	3	1	0	0	0	0	0					
6				0	1	4	10	15	20	21	19	14	8	2	1	0	0	0					
7				0	5	13	20	25	29	34	32	28	18	8	3	0	0	0					
8				3	9	17	26	31	37	41	45	43	30	17	8	1	0	0					
9				6	12	21	29	35	38	39	44	46	39	25	13	2	0	0					
10				7	14	21	27	33	30	34	35	46	44	32	16	5	1	0					
11				7	15	23	28	35	29	30	32	39	42	29	16	6	1	0					
12				6	12	18	29	34	32	31	33	39	40	27	15	4	0	0					
13				2	12	16	25	32	35	36	37	38	29	21	13	2	0	0					
14				1	8	13	18	25	30	32	31	28	22	14	7	1	0	0					
15				0	2	7	12	15	19	22	21	18	15	9	3	0	0	0					
16				0	0	1	7	10	12	13	13	10	7	2	0	0	0	0					
17				0	0	0	1	2	4	6	5	1	1	0	0	0	0	0					
18				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
19																							
20																							
21																							

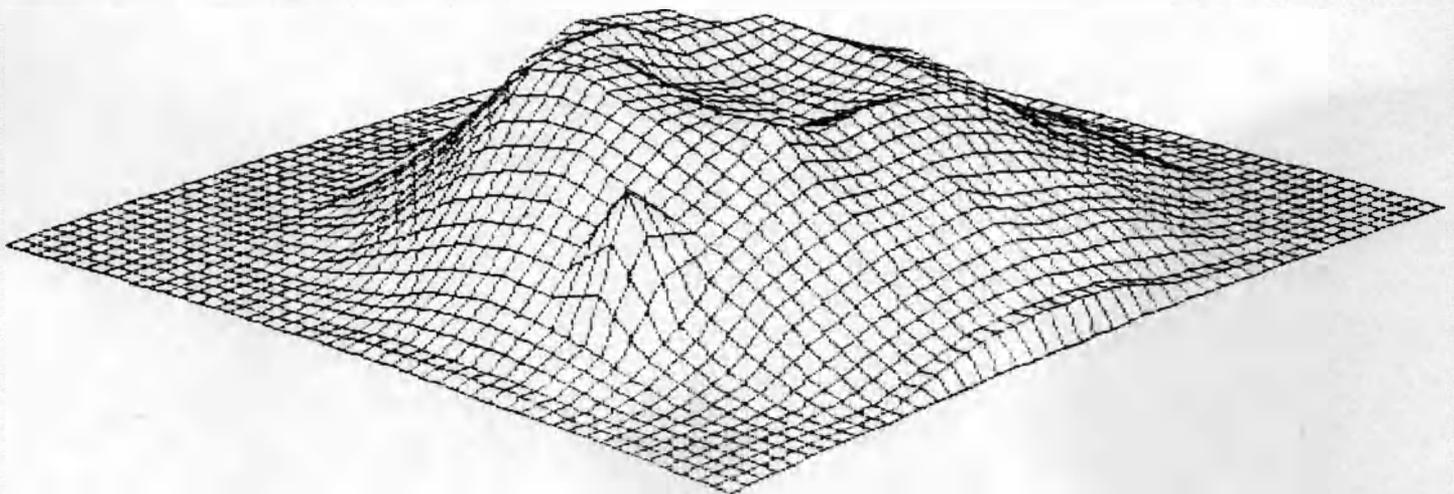


Figura A-12. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 50 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-33</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>5.16 . 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.80</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>60.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>180</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.83</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4			0	0	0	0	1	2	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5			0	0	0	1	6	9	10	11	9	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0
6			0	0	2	8	13	18	22	23	22	18	11	5	0	0	0	0	0	0	0
7			0	1	6	18	21	27	32	34	34	32	23	11	3	0	0	0	0	0	0
8			0	4	11	17	30	33	38	43	47	48	44	19	8	1	0	0	0	0	0
9			1	7	13	21	31	39	38	38	51	57	45	28	13	3	0	0	0	0	0
10			2	9	14	21	27	38	35	35	42	50	49	33	15	3	0	0	0	0	0
11			2	9	15	23	30	37	35	32	38	50	50	31	16	4	0	0	0	0	0
12			1	7	13	22	28	37	39	35	41	47	44	25	12	3	0	0	0	0	0
13			1	5	12	16	28	34	40	40	44	44	30	17	8	1	0	0	0	0	0
14			0	3	8	12	22	29	28	32	32	30	22	12	3	0	0	0	0	0	0
15			0	0	3	11	14	21	18	20	20	10	13	5	0	0	0	0	0	0	0
16			0	0	0	3	8	10	11	12	10	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0
17			0	0	0	0	1	3	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20																					
21																					

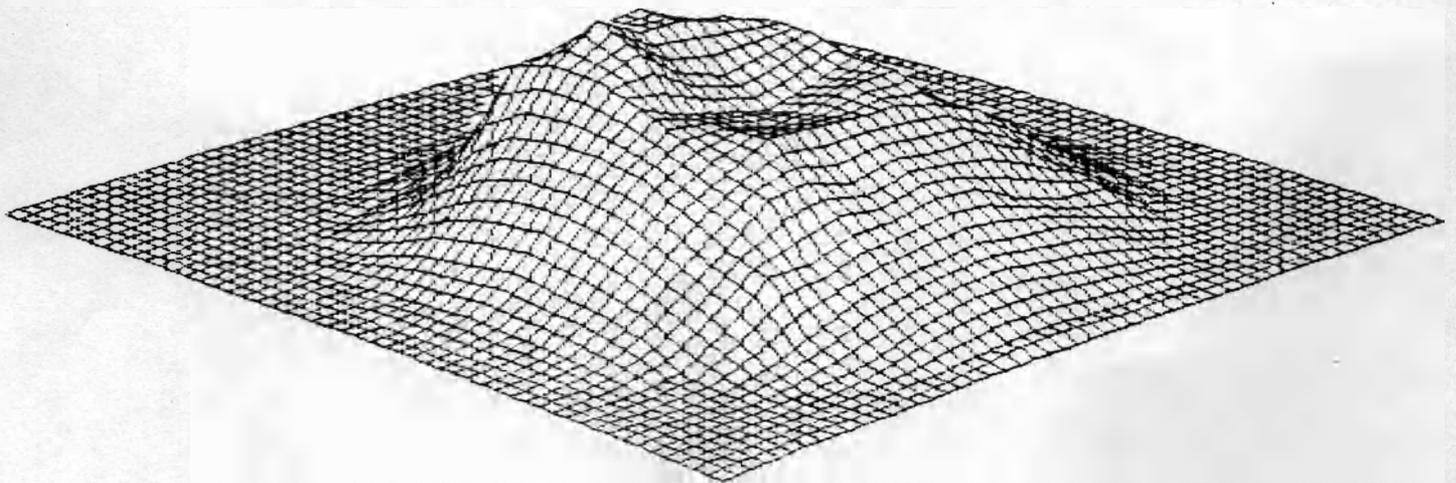


Figura A-13. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-33 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-43</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.37 , 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.50</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>190</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.78</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	Columna	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																							
2																							
3																							
4				0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
5				0	0	1	3	7	9	10	8	6	1	0	0	0	0	0					
6				0	0	5	12	15	16	16	15	12	12	3	0	0	0	0					
7				0	1	12	15	18	21	23	23	23	18	9	3	0	0	0					
8				0	4	16	19	22	25	24	26	33	29	17	6	1	0	0					
9				1	5	13	23	27	20	22	21	27	33	23	9	2	0	0					
10				1	4	16	30	29	19	15	15	22	31	26	11	4	1	0					
11				1	4	14	28	32	20	15	19	21	27	23	11	4	1	0					
12				0	3	12	23	32	27	18	13	20	25	18	9	4	1	0					
13				0	2	8	18	29	30	28	21	23	20	13	6	3	1	0					
14				0	1	12	10	19	23	23	22	19	15	9	3	2	0	0					
15				0	0	1	3	7	14	15	15	12	8	5	1	0	0	0					
16				0	0	0	1	2	4	6	7	6	3	2	0	0	0	0					
17				0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0					
18				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
19																							
20																							
21																							

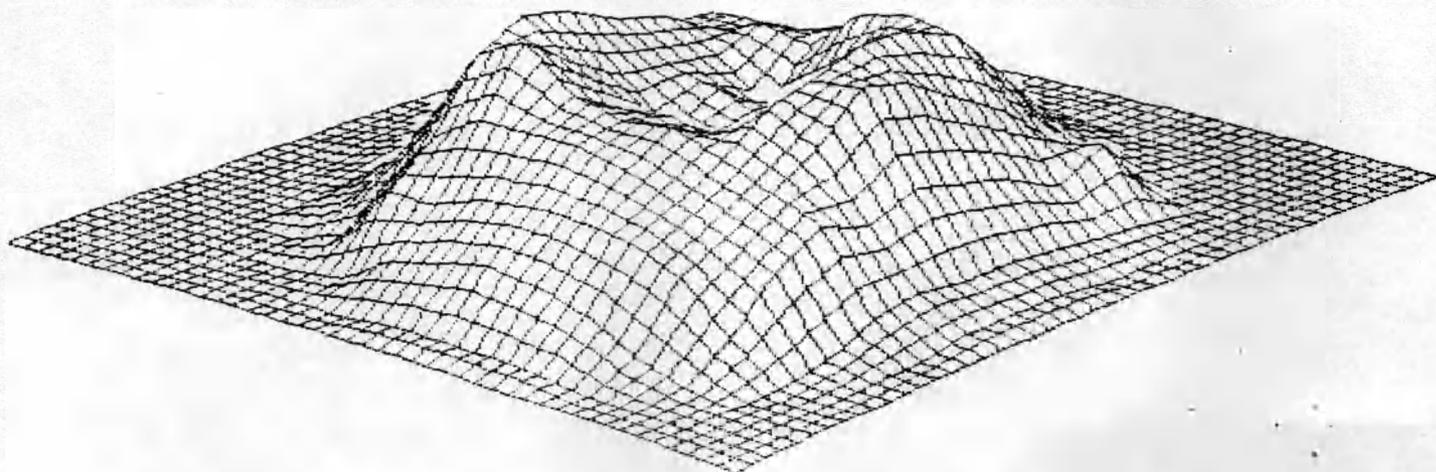


Figura A-14. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 40 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-43</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.37 . 2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.55</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>170</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.92</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA PLUM #	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0			
5				0	0	0	2	6	7	9	8	6	3	2	0	0	0	0			
6				0	0	3	8	11	14	18	15	14	10	5	1	0	0	0			
7				0	2	9	14	19	20	24	25	22	16	12	6	1	0	0			
8				1	7	14	19	24	25	29	28	32	27	19	9	3	1	0			
9				2	11	17	24	26	23	22	20	26	27	24	13	6	3	0			
10				4	11	18	27	26	19	18	18	21	27	26	15	9	3	0			
11				3	12	18	26	24	17	16	16	18	23	25	15	8	4	0			
12				3	10	17	22	25	18	14	14	16	21	22	13	8	4	0			
13				3	10	16	23	23	23	21	19	21	21	18	11	7	3	0			
14				0	8	15	17	19	23	26	23	21	18	15	9	5	2	0			
15				0	4	6	10	13	19	20	19	17	14	11	6	3	1	0			
16				0	1	2	5	7	12	13	11	11	10	6	2	1	0	0			
17				0	0	0	1	3	6	7	8	6	4	2	0	0	0	0			
18				0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
19																					
20																					
21																					

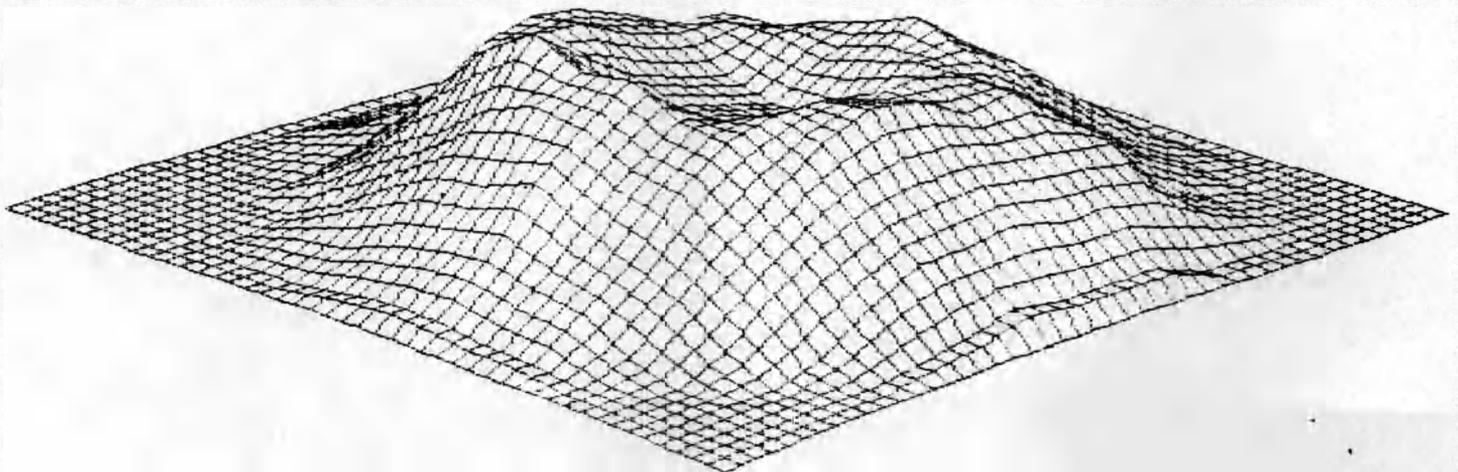


Figura A-15. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 50 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NELSON</u>	
Modelo del emisor	:	<u>F-43</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.37.2.38</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.61</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>60.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>160</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.67</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA NÚM. R/A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0			
5				0	0	0	1	3	8	10	10	8	6	2	1	0	0	0			
6				0	0	1	7	12	13	15	15	13	12	9	4	2	0	0			
7				0	0	9	13	15	21	22	22	19	17	13	8	4	1	0			
8				0	5	12	17	25	25	24	25	24	25	20	12	8	4	0			
9				1	10	14	22	24	24	18	18	19	24	22	14	9	6	1			
10				1	11	17	26	24	17	14	15	13	21	22	16	11	6	1			
11				3	12	19	24	21	15	15	13	13	18	21	16	10	10	1			
12				5	11	19	21	20	13	13	13	11	17	21	16	10	8	2			
13				4	8	14	21	20	18	16	15	15	18	20	14	10	9	3			
14				3	7	12	16	21	22	21	20	18	19	18	11	8	7	1			
15				0	4	9	12	16	18	19	21	17	17	15	10	7	4	0			
16				0	1	5	8	11	13	15	16	14	13	11	6	5	1	0			
17				0	0	1	3	7	8	10	10	10	8	6	4	1	0	0			
18				0	0	0	0	1	2	4	6	5	5	1	0	0	0	0			
19																					
20																					
21																					

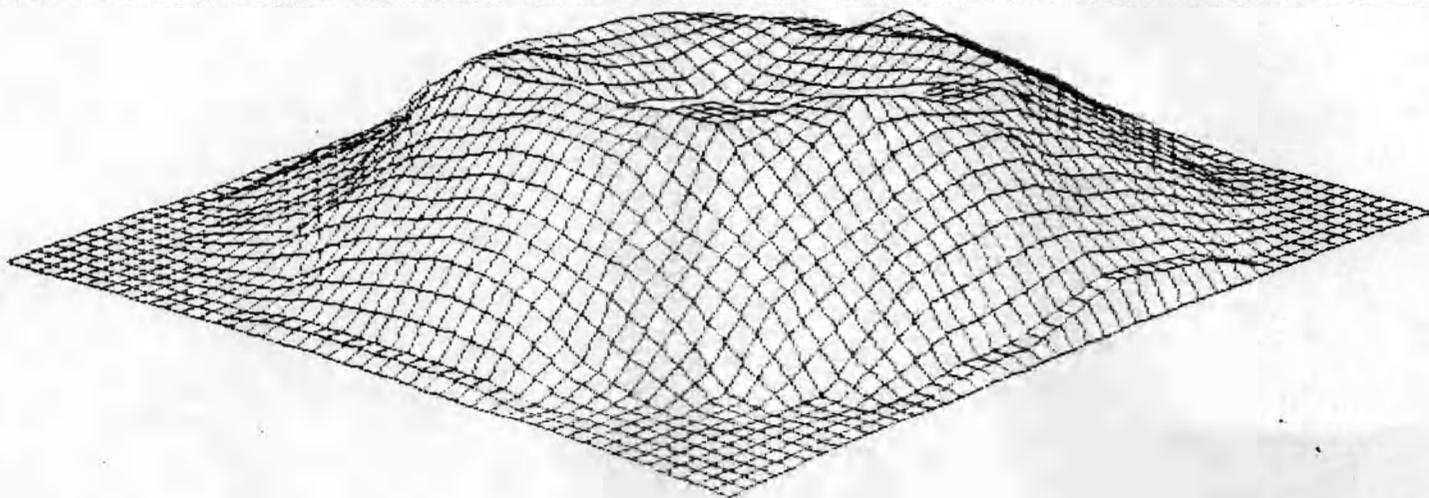


Figura A-16. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NELSON F-43 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

	<u>RAIN - BIRD</u>		
Fabricante del emisor :	14070		
Modelo del emisor :			
Diámetro de boquillas :	6.35	3.18	(mm)
Descarga :	0.89		(lps)
Presión de operación :	40.0		(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba :	45.0	(min)
Altura del elevador :	1.20	(m)
Área de recolección (recipiente) :	6.360	(mm ²)
Dirección del viento :	60	(grados)
Velocidad del viento :	1.58	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																						
2																						
3			0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
4			0	0	0	0	1	4	8	8	11	10	8	5	1	0	0	0	0			
5			0	0	0	3	11	12	15	14	15	17	16	13	10	3	0	0	0			
6			0	0	3	8	16	14	16	15	16	15	17	15	16	10	2	0	0			
7			0	1	8	10	15	15	22	24	19	21	21	16	15	17	7	3	0			
8			0	4	13	16	17	24	29	25	24	22	22	20	17	14	15	7	1			
9			0	7	17	17	21	28	25	19	18	17	18	21	20	14	15	13	2			
10			1	11	17	15	27	30	23	17	18	16	18	19	22	15	15	15	3			
11			1	12	15	16	30	30	22	21	29	20	15	18	21	18	14	15	4			
12			1	11	17	17	29	30	23	21	32	19	15	18	21	17	15	16	6			
13			0	11	17	18	24	32	26	22	17	15	17	20	23	17	14	16	4			
14			0	6	14	17	18	28	31	25	22	20	22	23	21	15	15	13	1			
15			0	1	10	16	17	17	26	28	27	25	24	20	15	14	15	8	0			
16			0	0	6	10	19	16	18	18	21	18	18	14	16	17	13	3	0			
17			0	0	0	3	13	17	18	16	16	17	14	13	17	9	3	0	0			
18			0	0	0	0	2	7	12	15	16	16	9	8	13	1	0	0	0			
19			0	0	0	0	0	0	2	5	8	6	6	2	0	0	0	0	0			
20																						
21																						

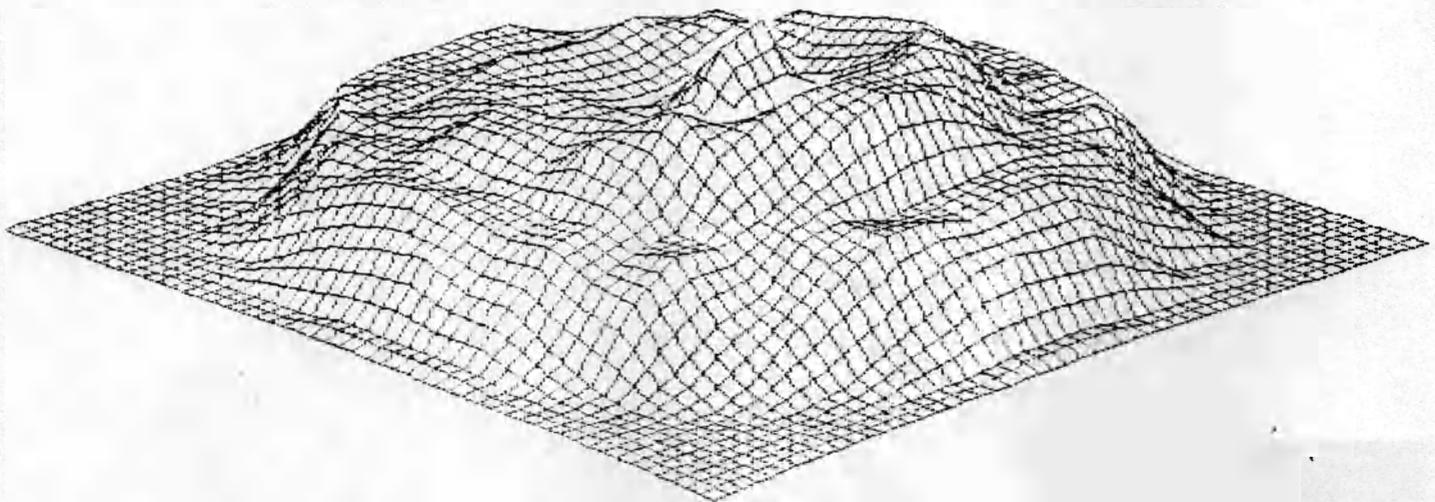


Figura A-17. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 40 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>RAIN - BIRD</u>	
Modelo del emisor	:	<u>14070</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>6.35 · 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.99</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>150</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>2.61</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA PLUVIOM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	1	1	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		0	0	0	1	5	8	13	15	13	13	10	7	3	1	0	0	0	0	0	0
6		0	0	1	7	12	15	19	18	19	18	15	10	8	3	2	0	0	0	0	0
7		0	1	4	14	20	22	21	27	28	28	21	16	11	7	3	0	0	0	0	0
8		0	4	12	18	21	23	31	39	39	35	32	24	12	10	6	3	0	0	0	0
9		0	10	16	21	22	27	34	33	33	33	32	28	20	13	7	4	1	0	0	0
10		2	10	17	21	22	31	29	27	27	29	29	29	24	15	8	4	2	0	0	0
11		3	12	16	18	23	29	28	25	25	27	26	28	23	16	10	5	1	0	0	0
12		3	13	15	17	22	28	28	26	28	27	27	26	22	16	10	5	1	0	0	0
13		3	10	16	17	19	28	31	27	29	28	27	24	18	14	8	4	0	0	0	0
14		1	6	15	17	19	24	29	29	27	27	24	21	15	12	8	3	0	0	0	0
15		0	3	11	16	18	19	23	25	25	23	21	17	13	9	5	1	0	0	0	0
16		0	1	6	9	15	15	18	19	18	18	15	13	9	5	1	0	0	0	0	0
17		0	0	0	4	7	13	13	14	12	12	11	8	5	3	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	1	3	6	8	9	9	7	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21																					

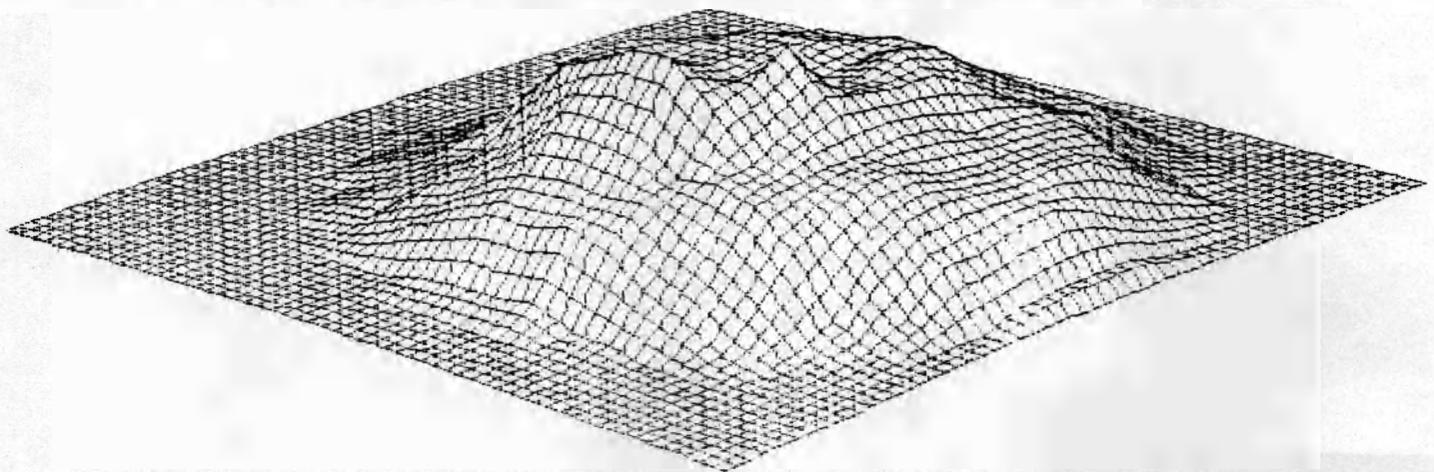


Figura A-18. Representación en tres dimensiones de pluvio metría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 50 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

		<u>RAIN - BIRD</u>		
Fabricante del emisor	:	14070		
Modelo del emisor	:			
Diámetro de boquillas	:	6.35	3.18	(mm)
Descarga	:	1.08		(lps)
Presión de operación	:	60.0		(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	45.0	(min)
Altura del elevador	:	1.20	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	6.360	(mm ²)
Dirección del viento	:	80	(grados)
Velocidad del viento	:	1.28	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	NUM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																							
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	1	4	3	4	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	1	8	10	10	12	10	10	9	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0
5		0	0	0	3	8	13	14	16	15	15	16	14	13	9	4	1	0	0	0	0	0	0
6		0	0	2	7	14	15	17	17	19	18	18	15	14	12	10	5	1	0	0	0	0	0
7		0	0	6	13	15	17	23	25	29	29	26	23	17	14	12	9	3	0	0	0	0	0
8		0	3	11	14	17	22	29	32	32	29	32	27	25	17	15	11	7	1	0	0	0	0
9		0	6	13	16	19	28	33	31	32	24	26	27	27	21	15	12	10	3	0	0	0	0
10		1	7	13	16	21	30	33	27	23	23	23	24	27	23	17	13	10	3	0	0	0	0
11		1	8	14	16	22	32	32	25	29	29	24	21	26	25	20	15	12	4	0	0	0	0
12		1	7	14	18	22	31	33	25	27	29	22	21	26	24	20	14	11	6	0	0	0	0
13		0	7	12	11	19	26	34	27	23	21	22	24	26	24	18	13	9	3	0	0	0	0
14		0	3	10	14	17	19	28	29	29	26	18	27	25	21	15	11	8	1	0	0	0	0
15		0	2	8	14	15	16	18	27	29	27	27	26	23	16	14	10	6	0	0	0	0	0
16		0	0	3	9	15	16	18	19	21	21	21	20	17	15	12	6	1	0	0	0	0	0
17		0	0	0	4	10	13	15	15	15	15	14	14	13	11	7	3	0	0	0	0	0	0
18		0	0	0	0	4	5	9	11	12	8	12	12	12	8	3	0	0	0	0	0	0	0
19		0	0	0	0	0	0	1	7	8	11	9	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21																							

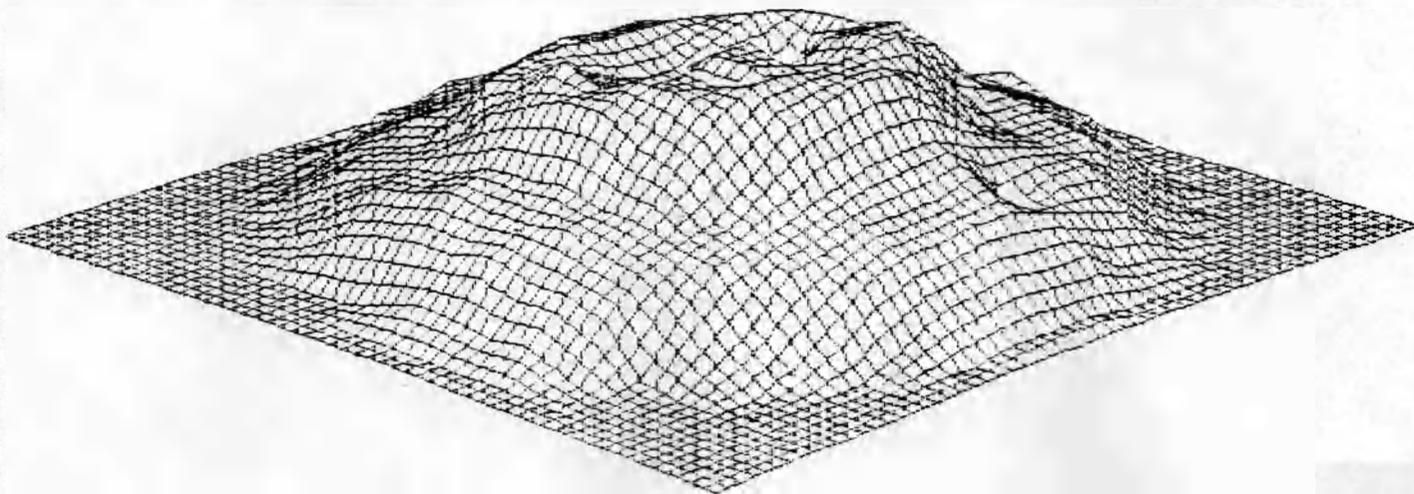


Figura A-19. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 14070 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>RAIN - BIRD</u>	
Modelo del emisor	:	<u>70C -W</u>	
Díametro de boquillas	:	<u>7.94 . 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>1.30</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>45</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.67</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA NÚM.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2		0	0	0	0	0	0	3	9	9	12	10	7	5	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	4	15	23	21	24	27	17	22	22	10	3	2	0	0	0	0
4		0	0	0	7	25	27	28	24	19	21	20	20	19	21	17	4	0	0	0	0
5		0	0	10	28	28	23	22	18	15	16	16	17	19	19	12	4	0	0	0	0
6		0	4	25	31	24	19	16	12	11	11	11	13	16	17	16	8	8	2	0	0
7		0	12	30	25	20	14	12	10	15	13	10	10	13	15	18	21	15	11	0	0
8		2	29	30	22	15	12	12	17	21	24	20	15	13	12	15	21	19	14	1	0
9		8	31	26	20	12	11	17	25	28	31	27	23	14	11	17	17	19	15	2	0
10		9	32	26	19	13	13	23	27	29	32	30	26	19	11	14	18	17	11	12	0
11		8	30	24	19	12	15	25	29	33	34	31	27	21	11	12	19	18	17	12	0
12		9	32	27	18	12	13	24	29	29	33	29	28	18	12	13	17	17	17	6	0
13		4	30	29	21	13	12	17	27	28	30	26	22	14	12	14	18	16	17	4	0
14		1	26	26	22	17	12	14	17	23	24	20	16	13	13	15	18	22	8	2	0
15		0	12	32	26	22	15	11	12	12	15	13	13	14	14	18	21	17	7	1	0
16		0	4	24	30	23	19	16	14	12	14	12	15	18	19	18	22	9	2	0	0
17		0	0	7	27	26	22	22	19	18	18	16	19	22	21	18	15	4	0	0	0
18		0	0	0	11	23	23	26	21	26	22	21	21	22	16	13	6	0	0	0	0
19		0	0	0	0	3	17	19	20	25	21	23	19	14	8	2	0	0	0	0	0
20		0	0	0	0	0	0	3	9	8	9	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0
21																					

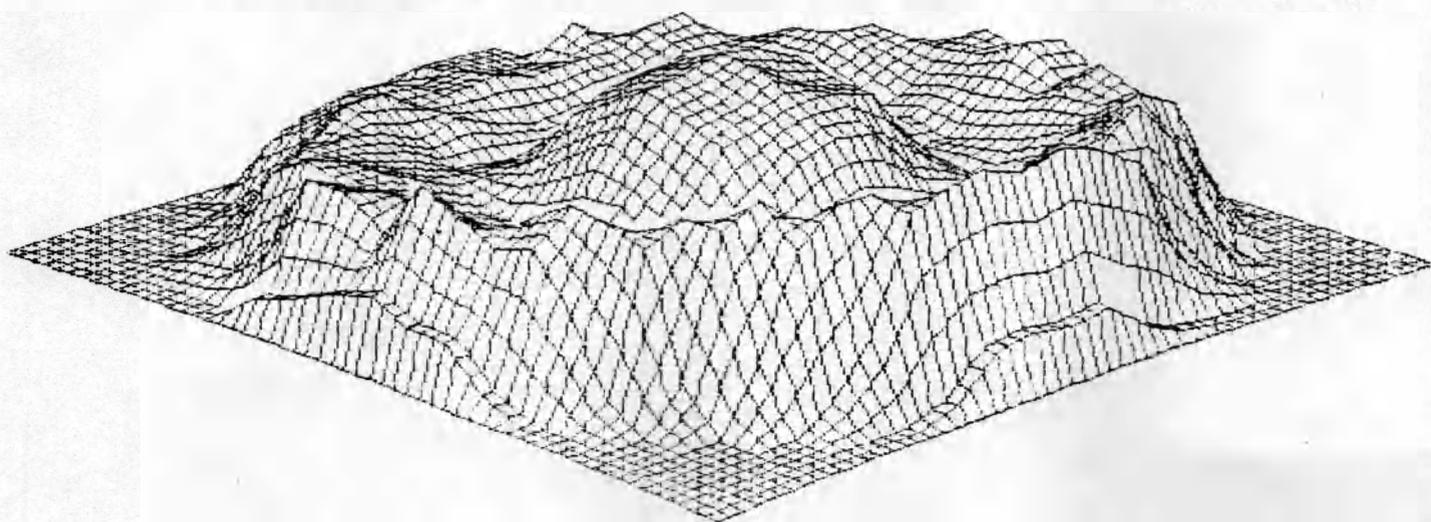


Figura A-20. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 40 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>RAIN - BIRD</u>	
Modelo del emisor	:	<u>70C -W</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>7.94 3.18</u>	(mm)
Descarga	:	<u>1.47</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>150</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.62</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	0	0	0	0	0	0	1	1	4	8	9	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	13	16	19	20	24	16	14	9	3	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	12	22	25	27	22	24	22	21	24	19	15	8	1	0	0	0	0
4	0	0	0	14	25	25	23	23	21	21	21	20	22	21	20	17	11	1	0	0	0
5	0	0	24	27	25	23	18	18	15	16	16	17	19	19	22	22	17	8	1	0	0
6	0	5	28	26	23	19	15	12	12	13	13	16	18	20	22	20	15	5	0	0	0
7	0	14	25	22	18	14	12	12	14	16	16	14	14	16	19	20	19	18	8	1	0
8	1	25	25	20	15	11	13	15	19	28	28	24	20	16	16	20	21	19	14	1	0
9	2	32	22	19	14	10	13	17	27	31	35	33	30	17	15	19	20	20	15	2	0
10	10	28	25	18	14	12	15	23	27	35	40	37	32	21	14	17	18	18	18	4	1
11	6	30	23	17	12	10	16	26	29	39	36	37	35	22	14	16	17	19	17	7	1
12	5	30	21	17	13	10	14	24	30	30	34	35	34	18	14	17	20	18	17	3	0
13	2	31	27	22	15	11	13	18	28	32	33	32	25	16	15	17	18	18	12	6	0
14	0	25	26	21	15	13	12	16	18	20	25	20	16	14	17	17	18	19	6	3	0
15	0	11	26	24	20	18	14	12	14	15	15	13	14	15	17	19	19	15	6	2	0
16	0	1	23	22	18	17	17	14	13	15	15	14	16	16	19	18	17	9	3	0	0
17	0	0	4	19	20	19	20	16	17	19	17	17	16	18	18	17	12	3	1	0	0
18	0	0	0	7	19	20	20	21	18	20	20	16	19	16	15	11	5	1	0	0	0
19	0	0	0	0	6	20	18	19	22	17	20	17	14	14	7	4	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	4	14	17	13	16	12	10	5	1	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

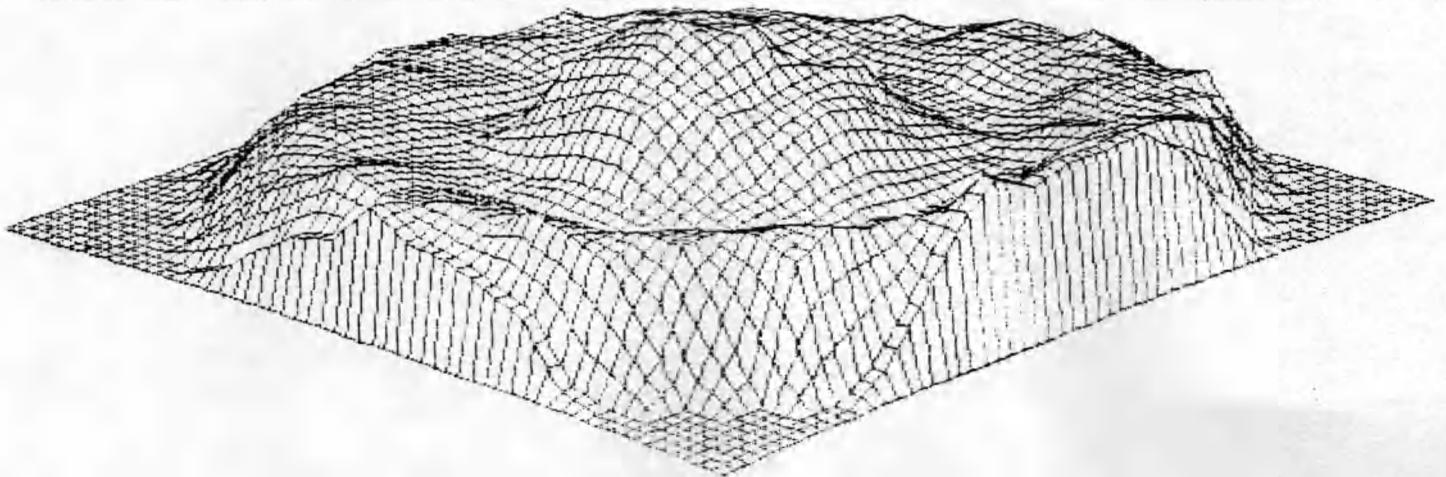


Figura A-21. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 50 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

		<u>RAIN - BIRD</u>		
Fabricante del emisor	:	70 C - W		
Modelo del emisor	:			
Diámetro de boquillas	:	7.94, 3.18		(mm)
Descarga	:	1.59		(lps)
Presión de operación	:	60.0		(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	45.0		(min)
Altura del elevador	:	1.20		(m)
Área de recolección (recipiente)	:	6.360		(mm ²)
Dirección del viento	:	50		(grados)
Velocidad del viento	:	2.07		(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	6	6	6	4	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	4	10	14	13	12	7	6	7	4	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	9	15	14	12	17	14	13	12	15	11	8	7	4	2	0	0	0
4	0	0	1	6	10	12	14	18	14	15	13	15	14	9	10	10	11	4	1	0	0
5	0	0	5	11	12	14	17	15	17	14	13	12	12	12	12	12	11	10	4	1	0
6	0	4	10	13	15	16	17	15	14	13	12	12	12	13	13	12	14	11	6	4	0
7	0	8	12	15	17	15	16	13	12	13	13	13	13	11	14	13	15	13	8	10	0
8	1	15	18	21	19	15	13	13	19	21	24	21	16	13	12	13	14	13	10	12	2
9	5	14	26	17	19	15	13	18	34	38	36	30	24	17	14	13	14	13	16	13	3
10	7	17	20	22	19	14	14	27	45	41	34	33	32	20	14	13	15	14	15	10	7
11	4	24	29	23	20	15	18	32	44	49	37	33	34	22	15	13	14	15	15	13	7
12	7	18	18	23	20	15	18	31	45	44	43	30	32	21	14	12	15	16	18	14	7
13	4	22	24	23	21	16	15	22	37	33	32	31	30	17	13	13	15	18	17	15	12
14	3	13	21	23	22	18	15	16	24	29	30	25	20	15	13	14	17	16	15	14	8
15	1	12	21	23	24	19	16	13	15	16	19	16	15	13	13	15	15	18	17	11	3
16	0	4	17	21	23	21	18	14	13	13	14	13	18	14	15	18	19	19	14	6	1
17	0	0	7	21	23	21	20	17	16	15	14	14	16	16	19	20	22	18	7	2	0
18	0	0	3	14	18	20	20	20	17	17	17	16	18	18	20	20	16	16	3	0	0
19	0	0	0	5	14	17	19	16	24	19	19	19	17	20	17	13	11	4	1	0	0
20	0	0	0	1	3	12	13	21	16	19	21	16	19	15	14	7	1	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	5	7	8	12	11	12	12	10	4	1	0	0	0	0	0

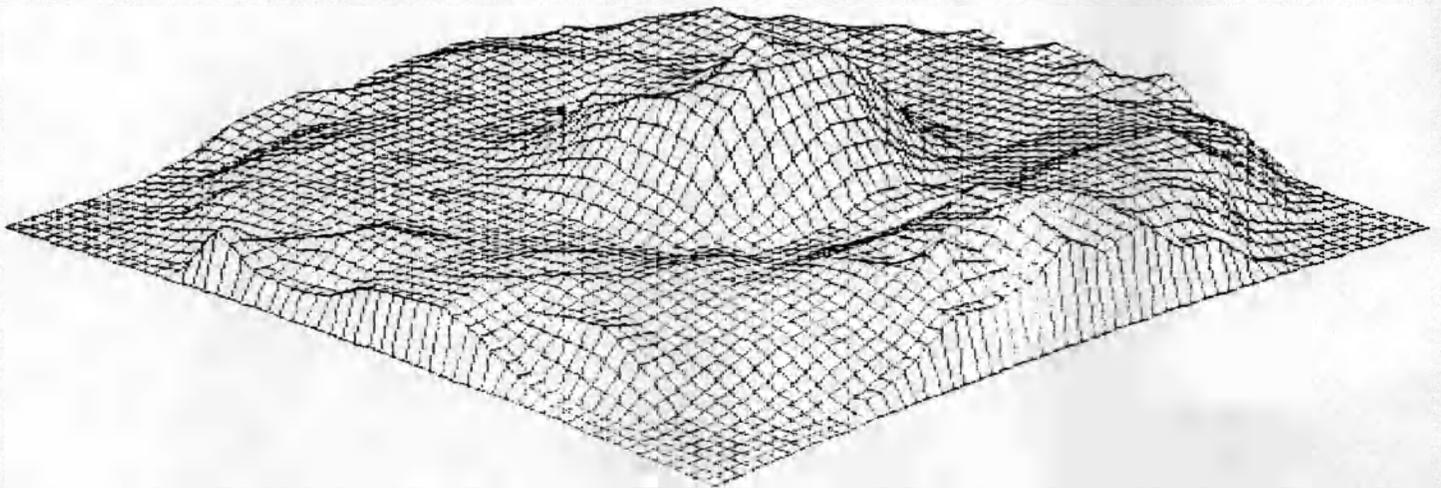


Figura A-22. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor RAIN-BIRD 70 C-W al centro, a 60 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA



DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NAAN</u>	
Modelo del emisor	:	<u>233</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.9 . 2.5</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.52</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>40.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>165</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.44</u>	(m./s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4				0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0			
5				0	0	0	3	4	7	9	8	7	5	3	0	0	0	0			
6				0	0	3	9	7	12	13	12	13	10	7	3	0	0	0			
7				0	4	11	12	8	14	11	16	15	13	11	7	2	0	0			
8				2	11	13	13	15	17	21	22	20	16	15	11	5	1	0			
9				5	11	14	14	18	23	27	27	26	21	16	13	9	3	0			
10				8	13	14	15	22	27	31	32	30	25	17	13	12	4	0			
11				8	13	13	15	22	29	33	29	30	26	19	14	11	5	0			
12				7	13	13	14	20	26	30	28	26	23	17	13	10	4	1			
13				5	12	13	12	12	21	21	24	24	18	15	12	9	3	0			
14				2	10	12	12	14	15	17	18	17	14	12	10	7	1	0			
15				0	7	12	12	12	12	13	14	13	11	11	7	4	0	0			
16				0	1	3	9	12	10	11	11	11	9	9	4	1	0	0			
17				0	0	1	4	6	9	9	9	8	6	4	0	0	0	0			
18				0	0	0	0	3	3	3	4	1	1	0	0	0	0	0			
19																					
20																					
21																					

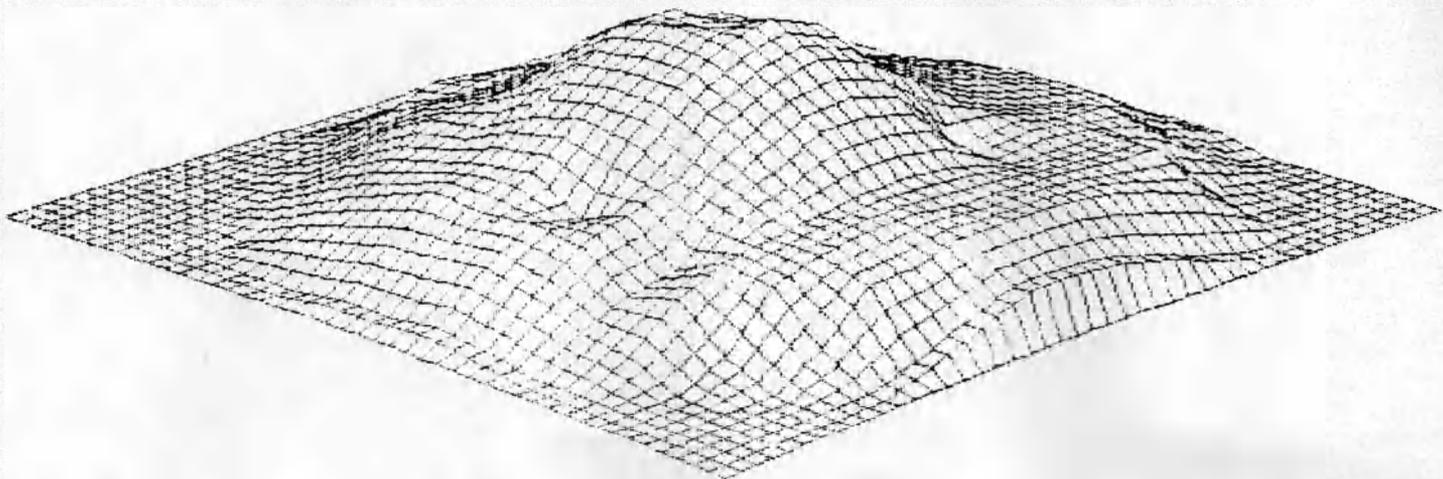


Figura A-23. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 40 Psi y espaciamento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor	:	<u>NAAN</u>	
Modelo del emisor	:	<u>233</u>	
Diámetro de boquillas	:	<u>4.9 . 2.5</u>	(mm)
Descarga	:	<u>0.55</u>	(lps)
Presión de operación	:	<u>50.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba	:	<u>45.0</u>	(min.)
Altura del elevador	:	<u>1.20</u>	(m)
Área de recolección (recipiente)	:	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento	:	<u>180</u>	(grados)
Velocidad del viento	:	<u>0.72</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA \ COLUMNA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																						
2																						
3			0	0	0	0	0	0	3	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0		
4			0	0	0	1	4	6	8	8	7	5	7	1	0	0	0	0	0	0		
5			0	0	0	5	9	13	13	16	13	11	13	4	0	0	0	0	0	0		
6			0	0	1	9	13	19	19	20	19	20	19	7	2	0	0	0	0	0		
7			0	4	4	13	17	23	37	26	26	30	29	11	4	0	0	0	0	0		
8			0	2	7	15	22	29	22	42	38	42	36	18	8	1	0	0	0	0		
9			0	3	7	11	25	32	30	38	44	50	34	22	8	1	0	0	0	0		
10			0	4	6	15	26	44	47	36	41	50	36	20	7	1	0	0	0	0		
11			1	4	6	11	22	39	47	44	44	48	38	17	5	1	0	0	0	0		
12			0	3	4	9	15	29	35	38	33	48	18	10	3	1	0	0	0	0		
13			0	3	3	5	9	15	19	21	18	43	10	5	1	0	0	0	0	0		
14			0	2	2	4	4	8	9	11	9	16	5	3	1	0	0	0	0	0		
15			0	0	1	3	3	5	4	5	4	8	3	2	1	0	0	0	0	0		
16			0	0	1	2	2	2	2	3	2	4	1	1	0	0	0	0	0	0		
17			0	0	0	0	1	1	1	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0		
18			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
19			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20																						
21																						

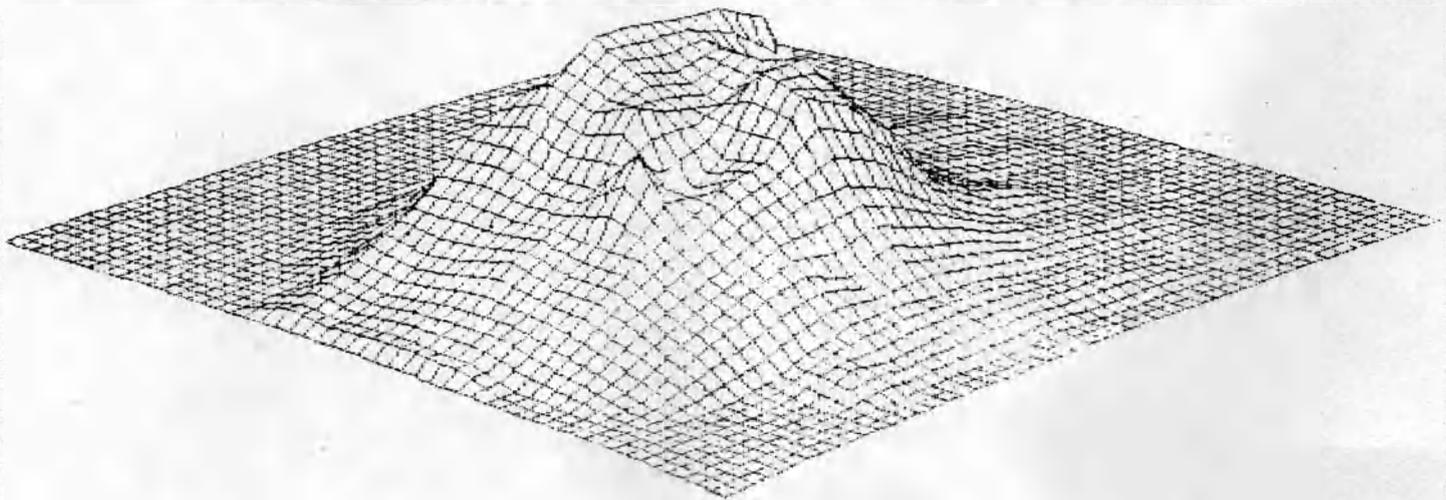


Figura A-24. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 50 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

HOJA DE ANOTACION DE LA PRUEBA

DATOS SOBRE EL EMISOR

Fabricante del emisor :	<u>NAAN</u>	
Modelo del emisor :	<u>233</u>	
Diámetro de boquillas :	<u>4.9 . 2.5</u>	(mm)
Descarga :	<u>0.58</u>	(lps)
Presión de operación :	<u>60.0</u>	(psi)

DATOS DE LA PRUEBA

Duración de la prueba :	<u>45.0</u>	(min)
Altura del elevador :	<u>1.20</u>	(m)
Area de recolección (recipiente) :	<u>6.360</u>	(mm ²)
Dirección del viento :	<u>155</u>	(grados)
Velocidad del viento :	<u>0.82</u>	(m/s)

TABLA DE DATOS PLUVIOMETRICOS

FILA	NUM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																							
2																							
3																							
4				0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
5				0	0	0	1	4	6	8	8	6	5	2	0	0	0	0					
6				0	0	3	8	10	12	13	13	13	10	8	3	0	0	0					
7				0	3	8	11	15	16	17	17	15	14	12	9	4	0	0					
8				2	7	12	15	18	22	26	25	22	18	15	12	7	2	0					
9				3	9	13	18	22	30	37	35	30	24	17	13	10	4	0					
10				5	12	15	21	26	34	42	39	37	30	21	13	10	5	1					
11				5	12	16	20	28	37	37	35	37	32	22	15	11	6	1					
12				3	10	15	19	28	36	36	39	37	29	22	14	10	6	1					
13				3	10	15	20	23	30	35	34	31	26	18	13	10	4	0					
14				2	8	12	16	19	23	25	24	24	20	16	12	8	3	0					
15				0	4	6	12	15	16	17	18	16	15	12	10	5	1	0					
16				0	0	4	8	10	12	14	13	13	11	8	5	2	0	0					
17				0	0	0	3	6	8	8	9	8	6	4	1	0	0	0					
18				0	0	0	0	1	2	3	3	2	1	1	0	0	0	0					
19																							
20																							
21																							

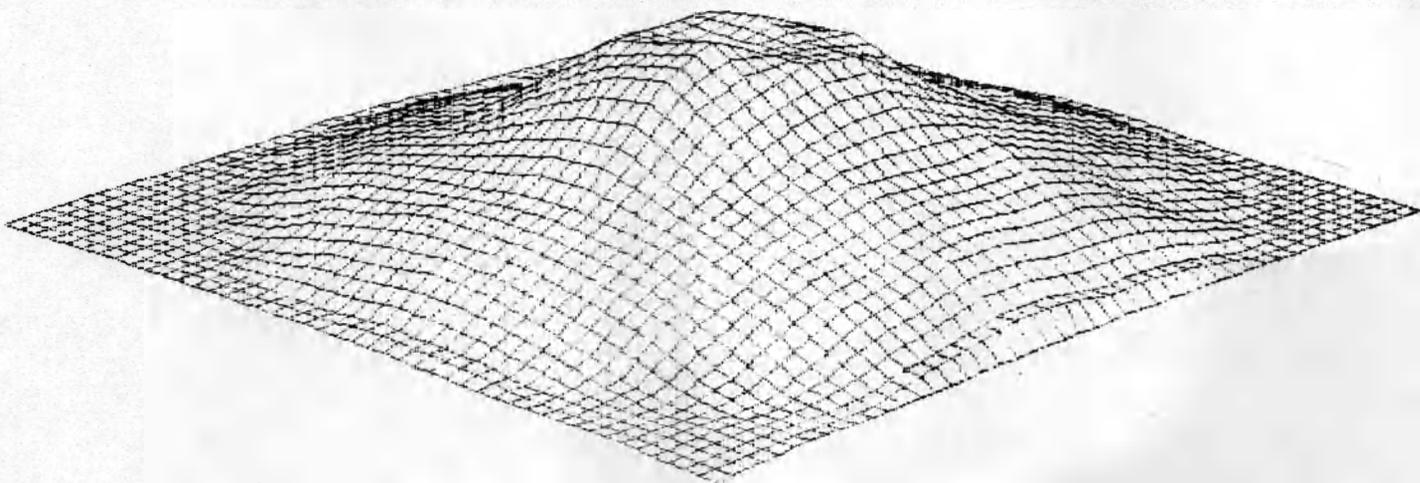


Figura A-25. Representación en tres dimensiones de pluviometría con aspersor NAAN 233 al centro, a 60 Psi y espaciamiento de 2 x 2 m.

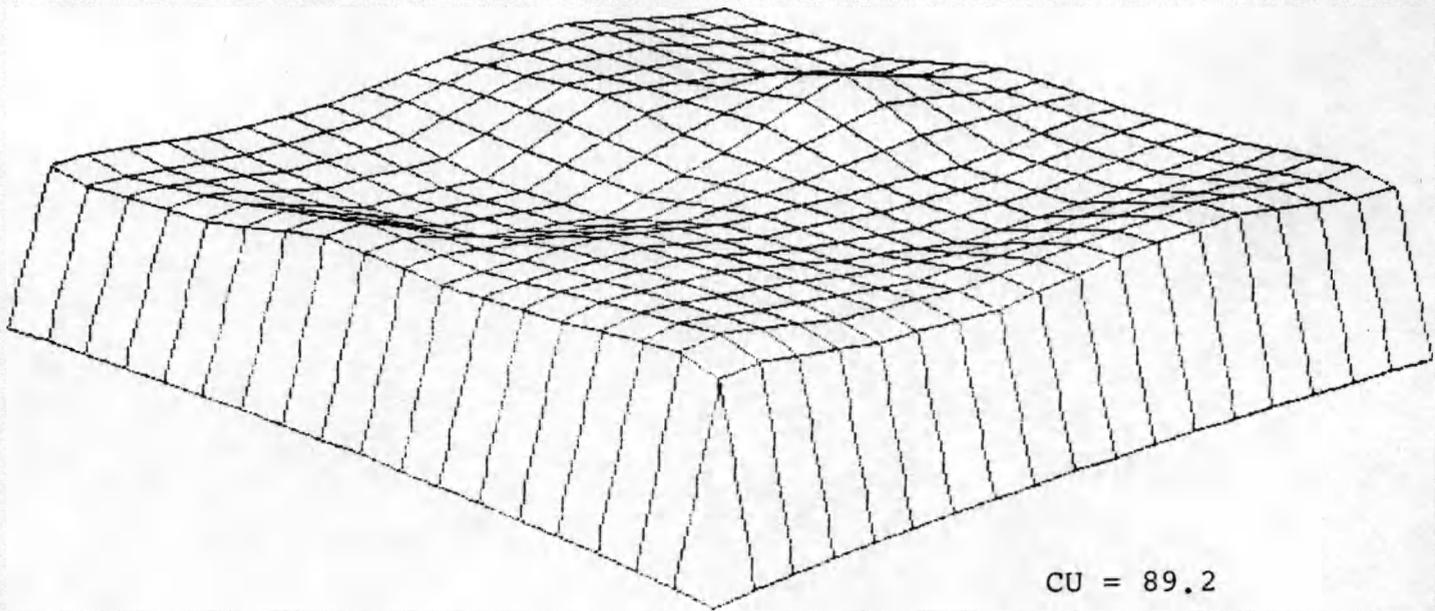


Figura A-26. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamento en cuadro de 12 x 12 m.

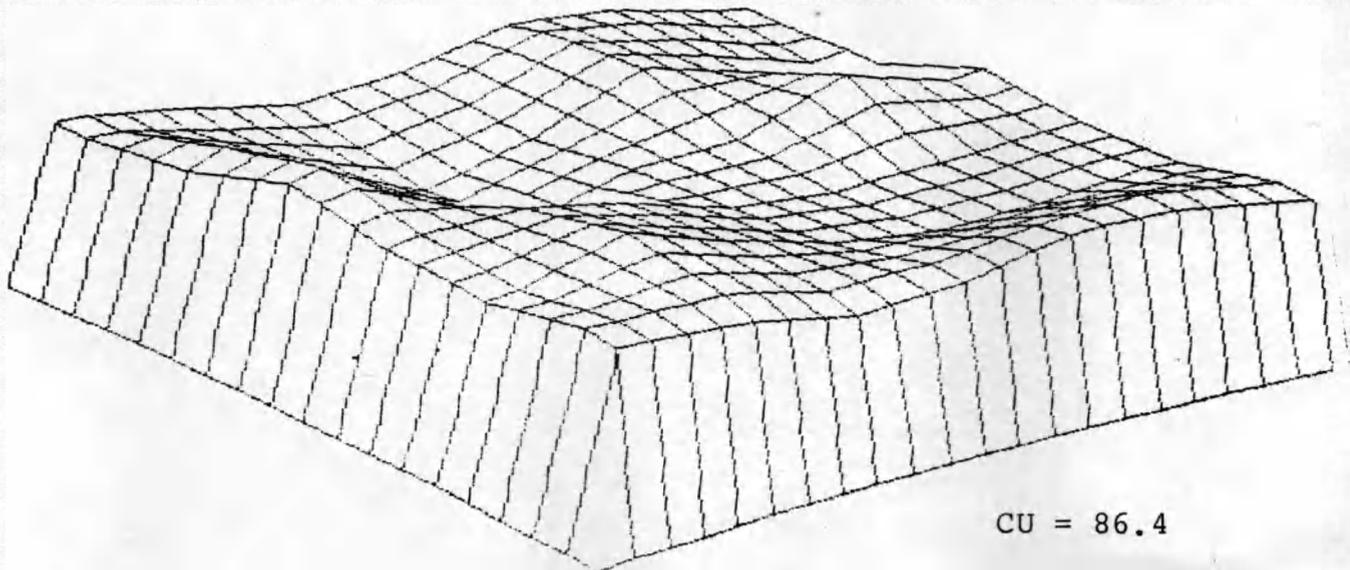


Figura A-27. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamento rectangular de 12 x 14 m.

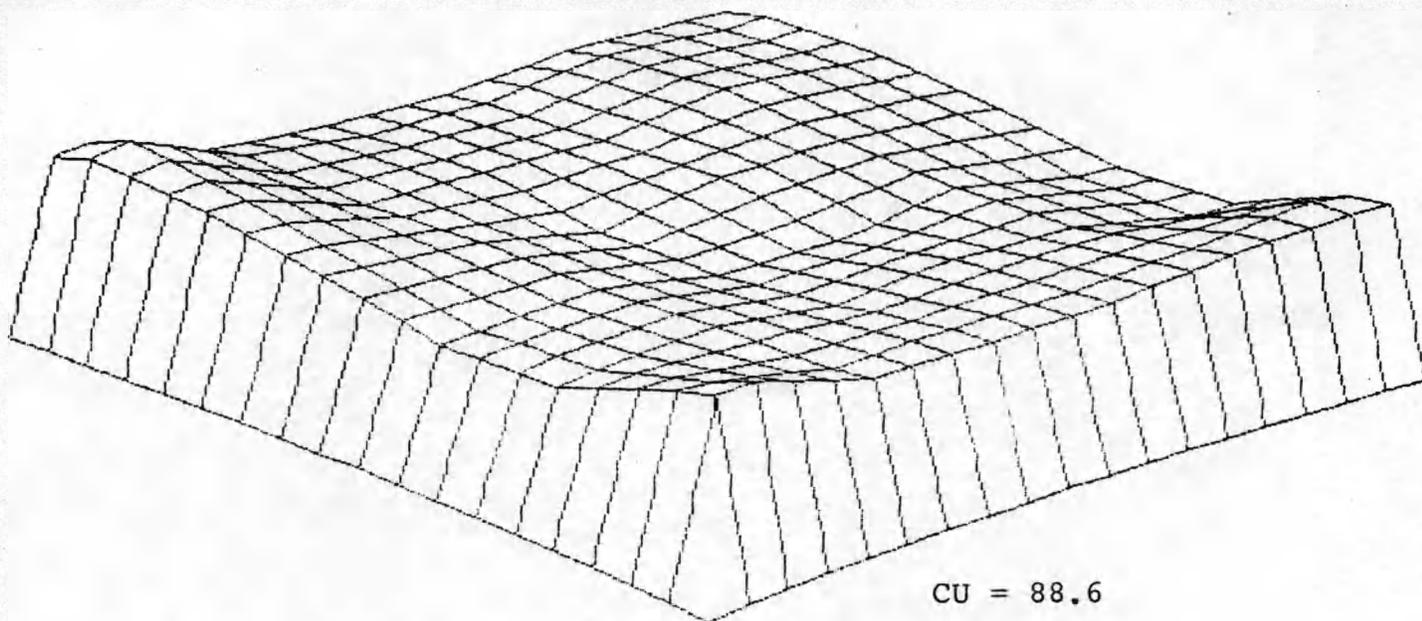


Figura A-28. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m.

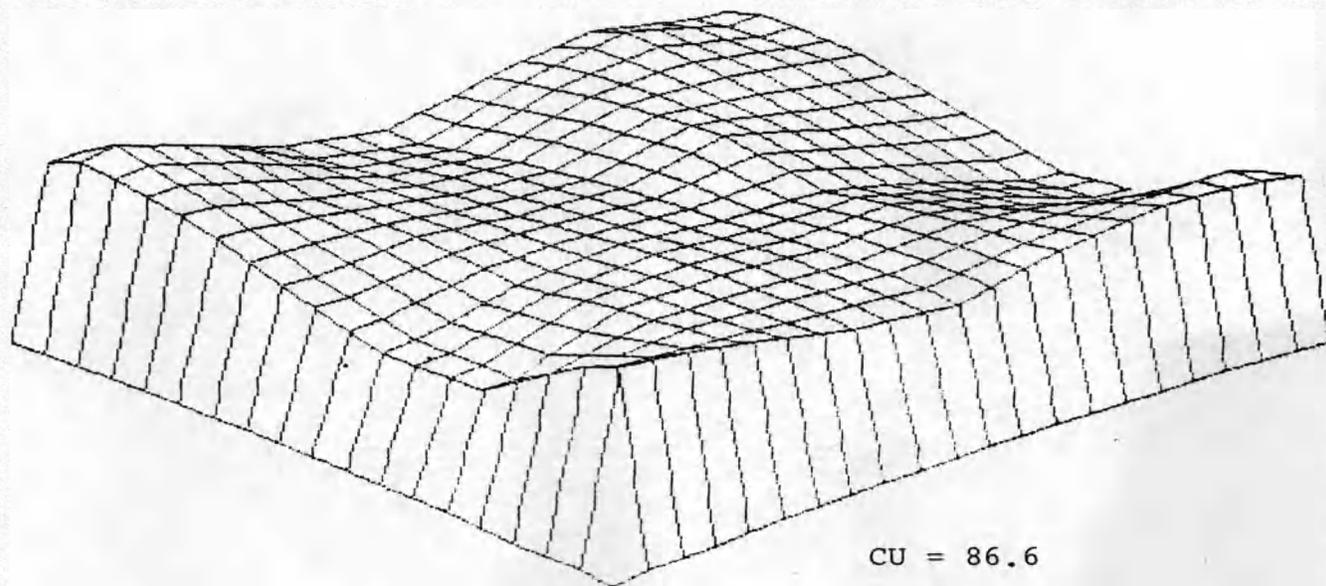


Figura A-29. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER* 4023 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 14 m.

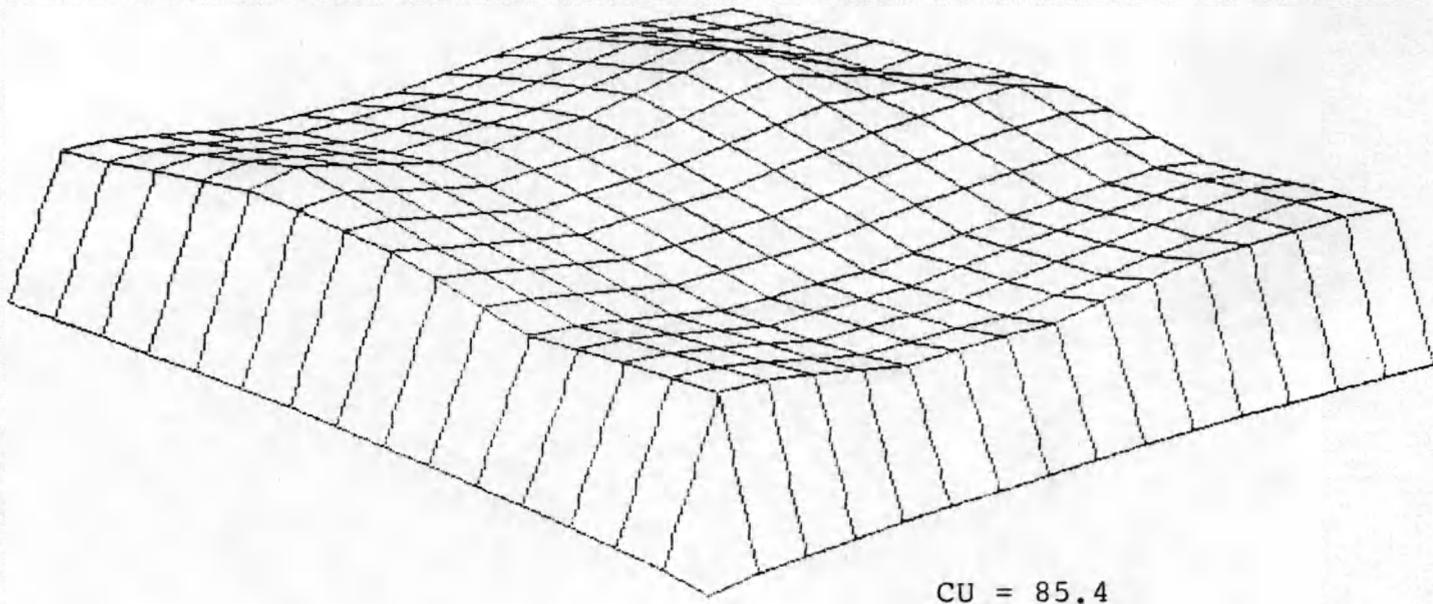


Figura A-30. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER* 4023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m.

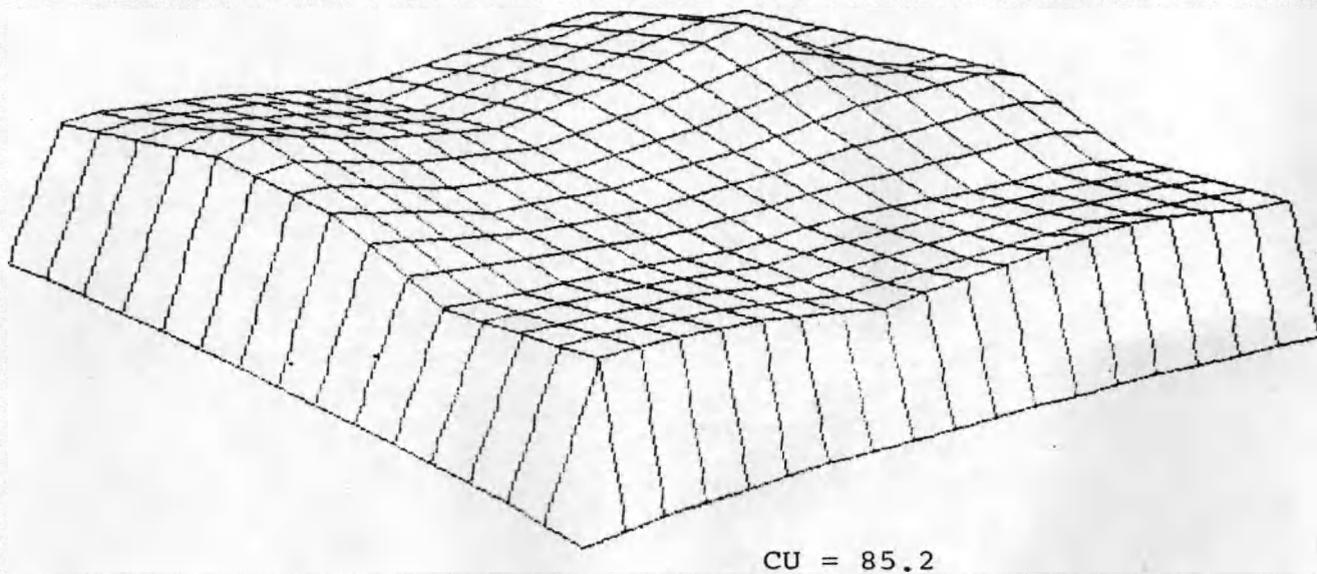


Figura A-31. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER* 4023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en rectángulo a 10 x 12 m.

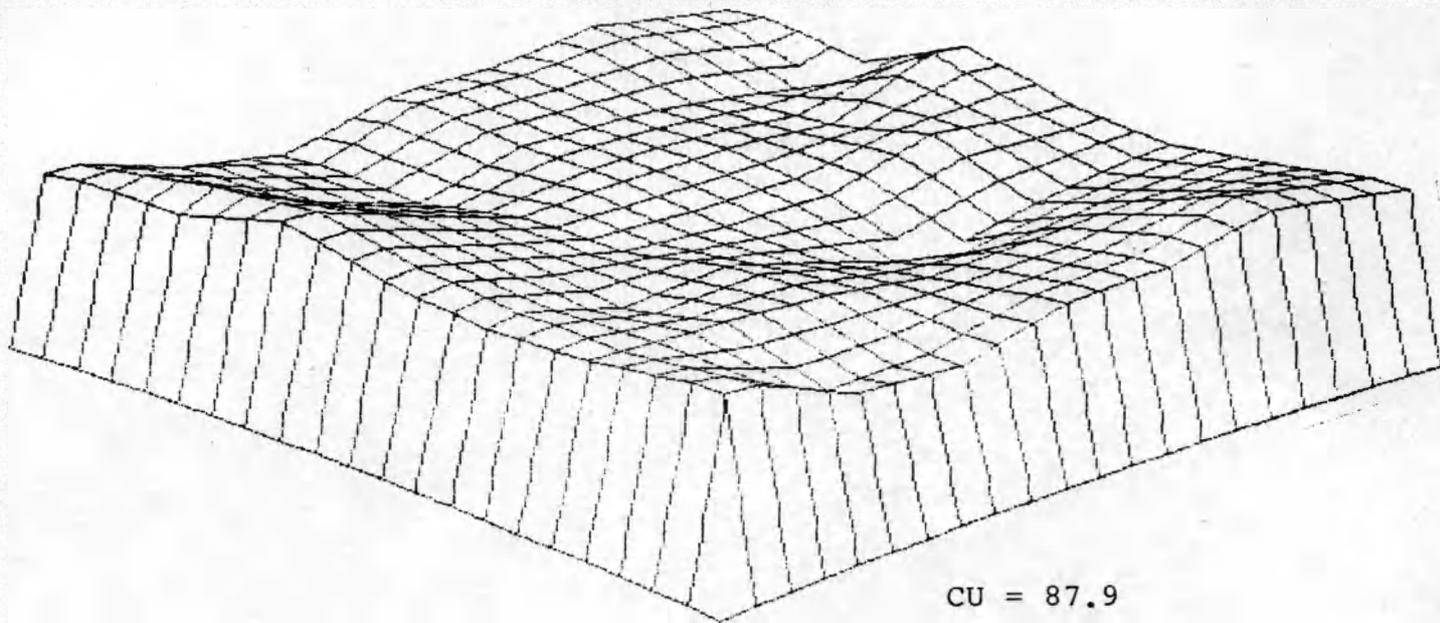


Figura A-32. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 4023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m.

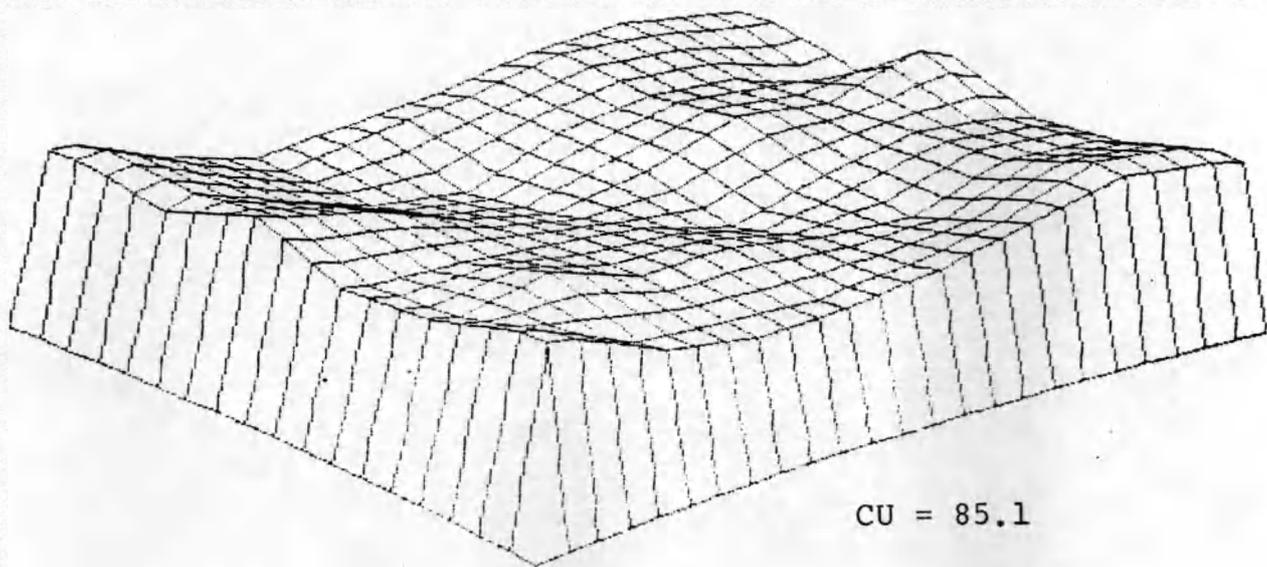


Figura A-33. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 4023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en rectángulo de 12 x 16 m.

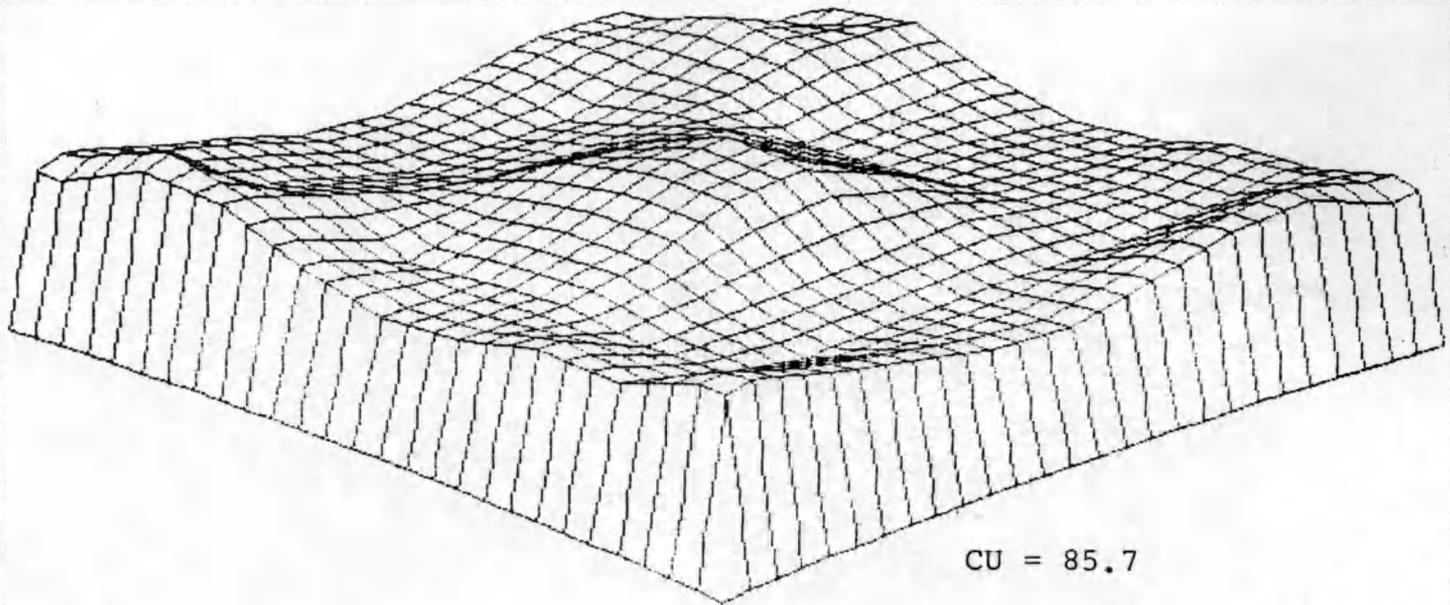


Figura A-34. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m.

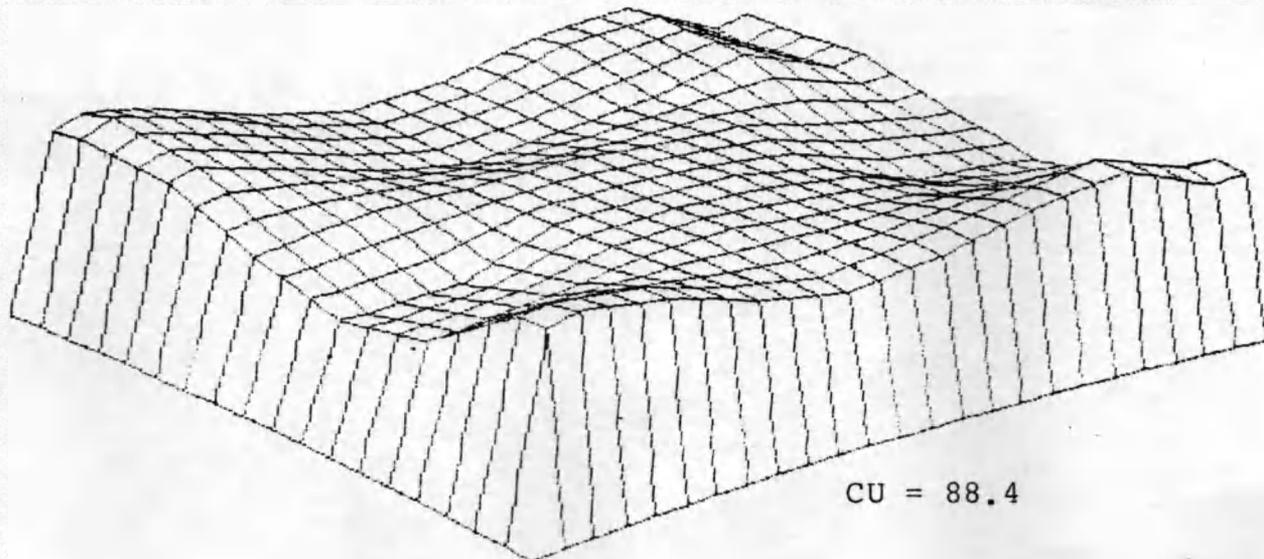


Figura A-35. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNINGER 4023 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

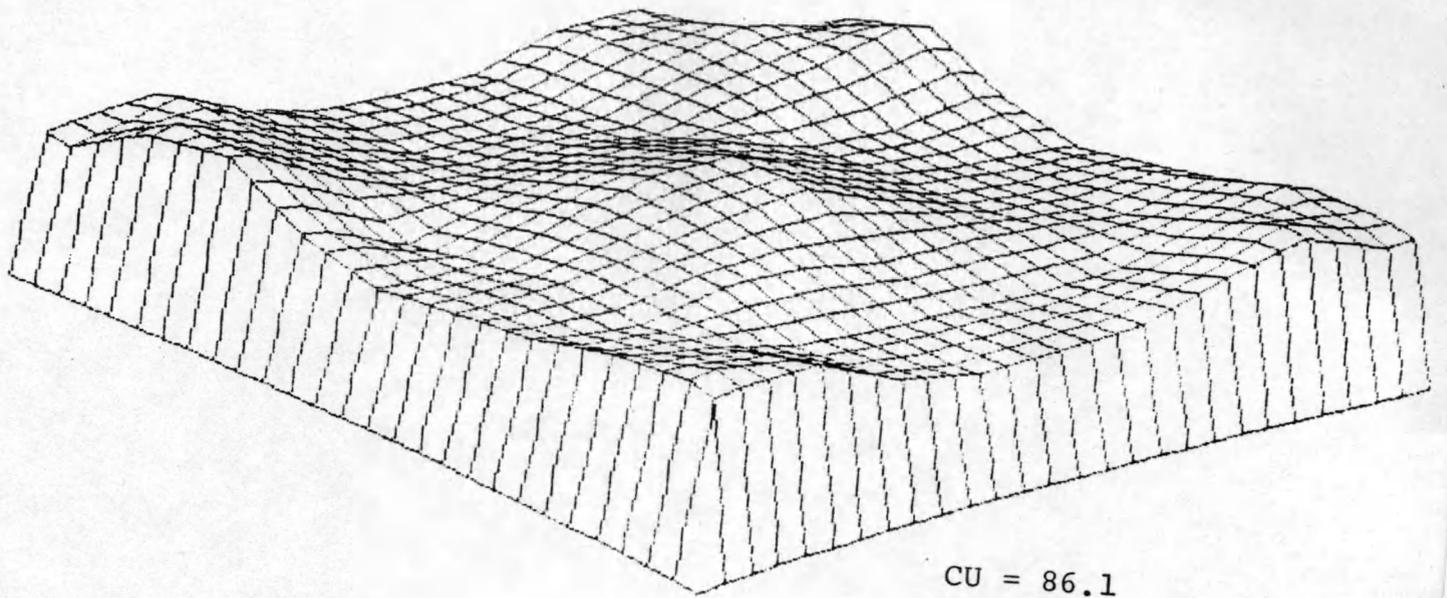


Figura A-36. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 4023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m.

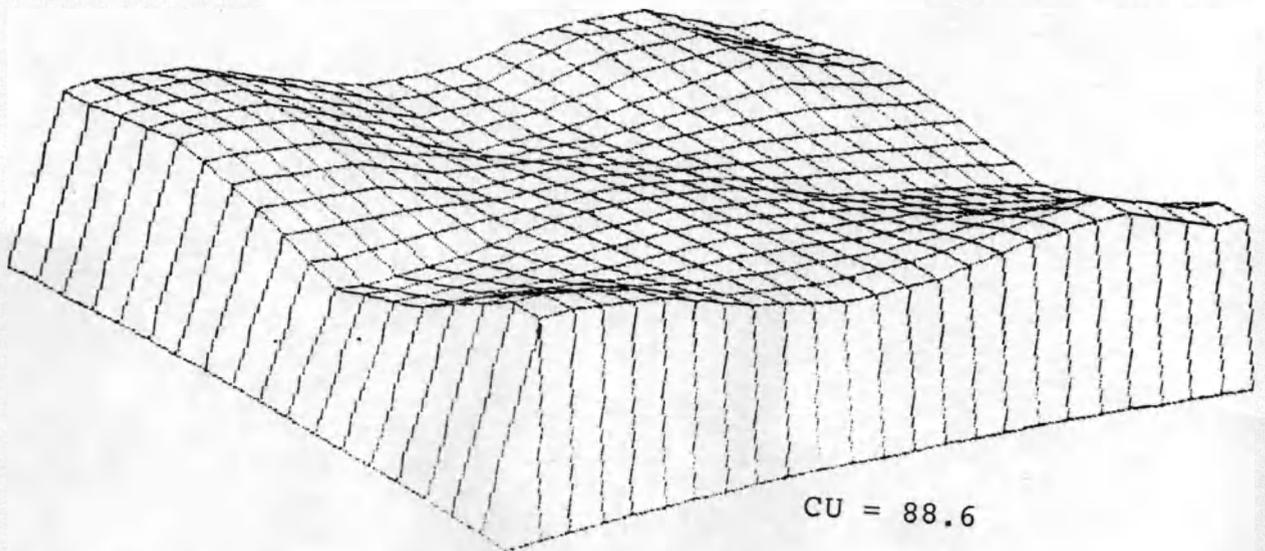


Figura A-37. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 4023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

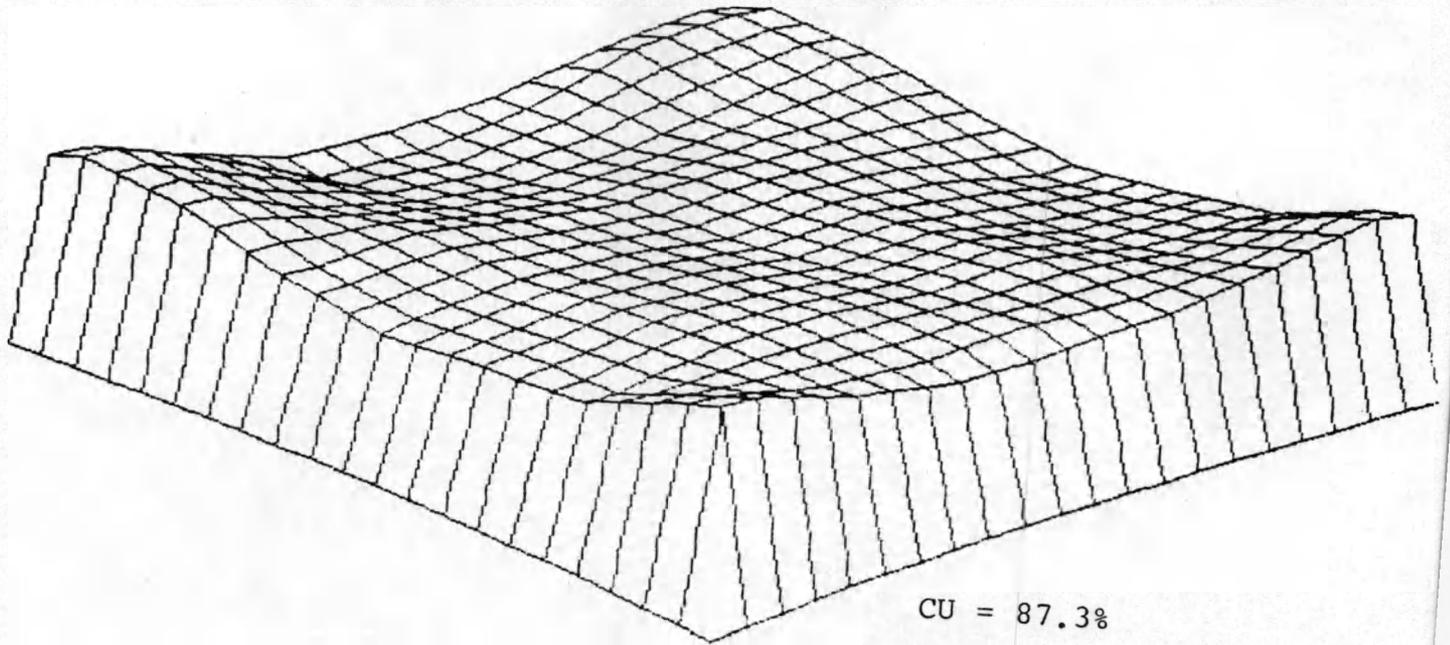


Figura A-38. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m.

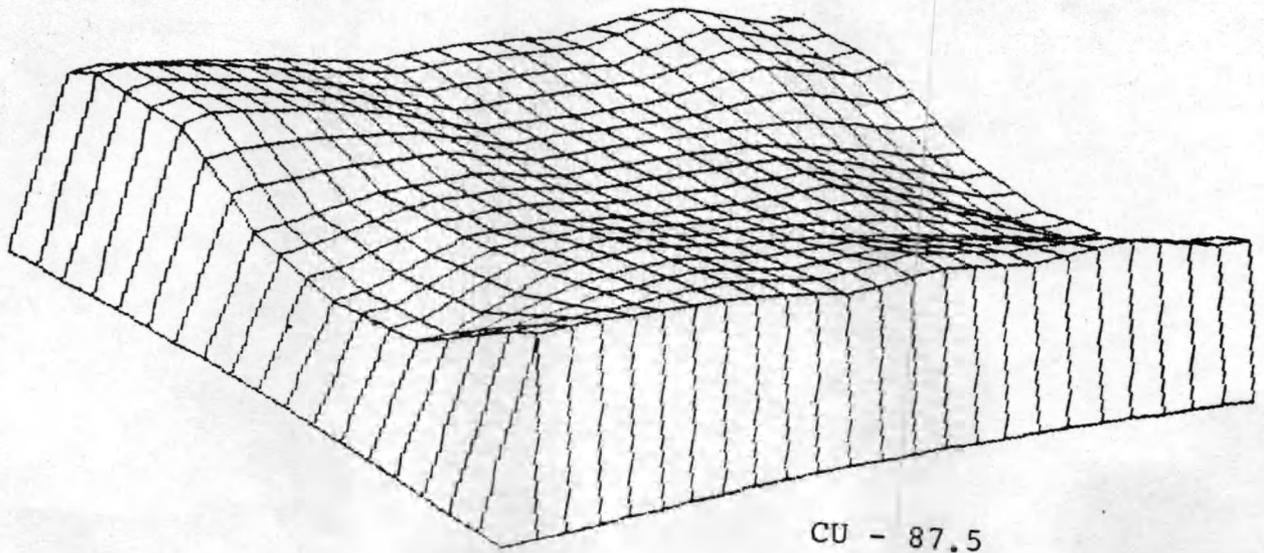


Figura A-39. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

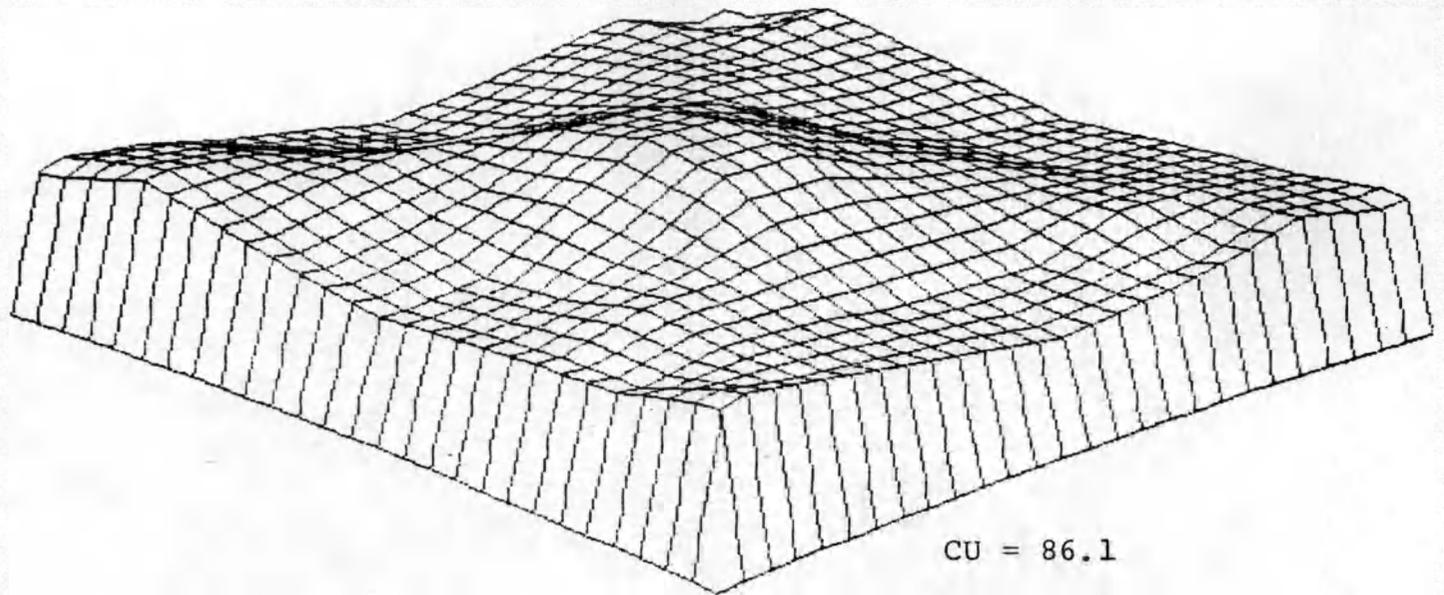


Figura A-40. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 50 Psi y espaciameño to en cuadro de 18 x 18 m.

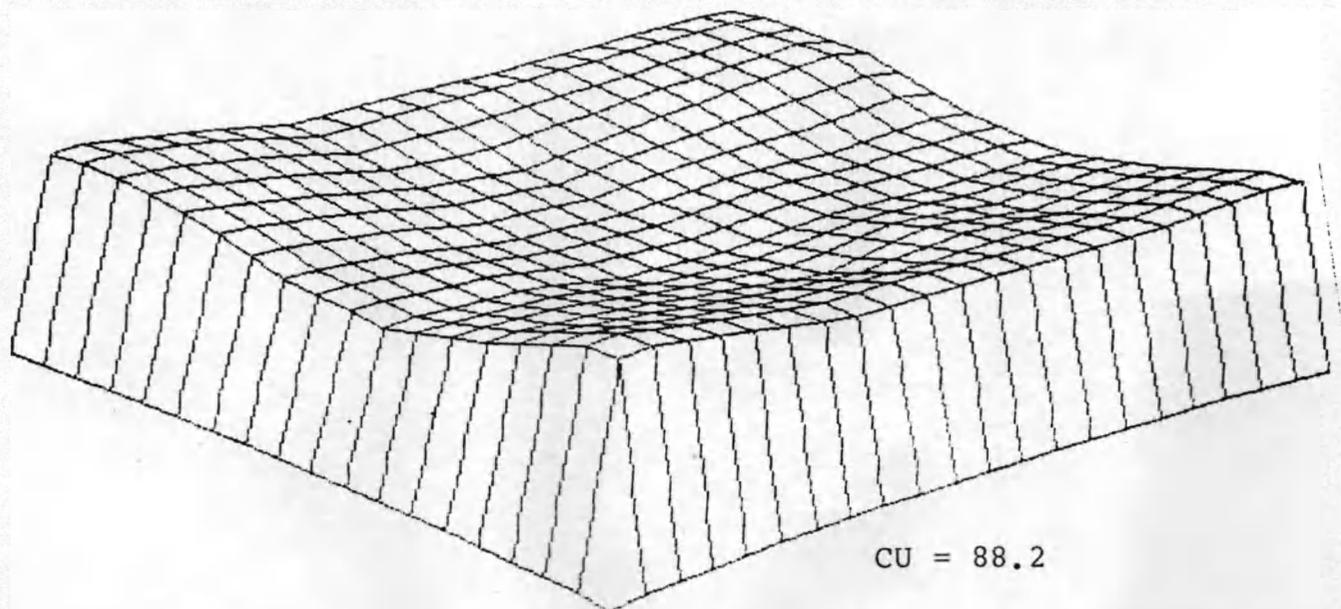


Figura A-41. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 50 Psi y espaciameño to rectangular de 12 x 16 m.

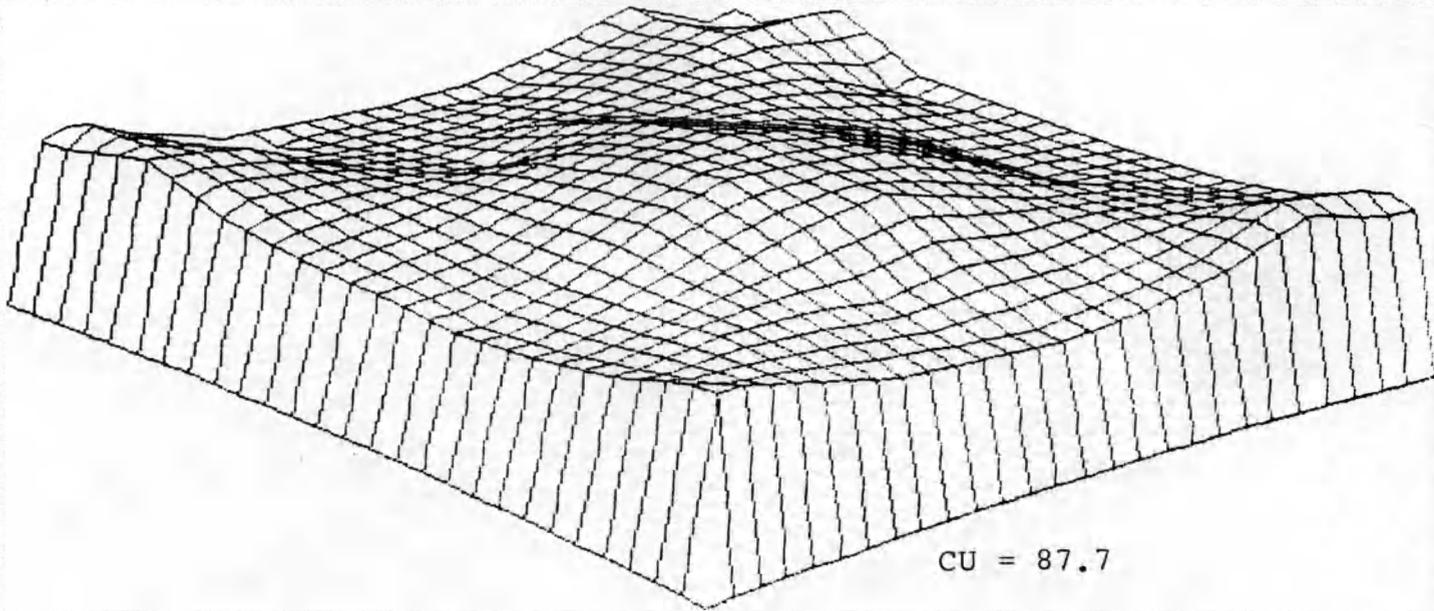


Figura A-42. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m.

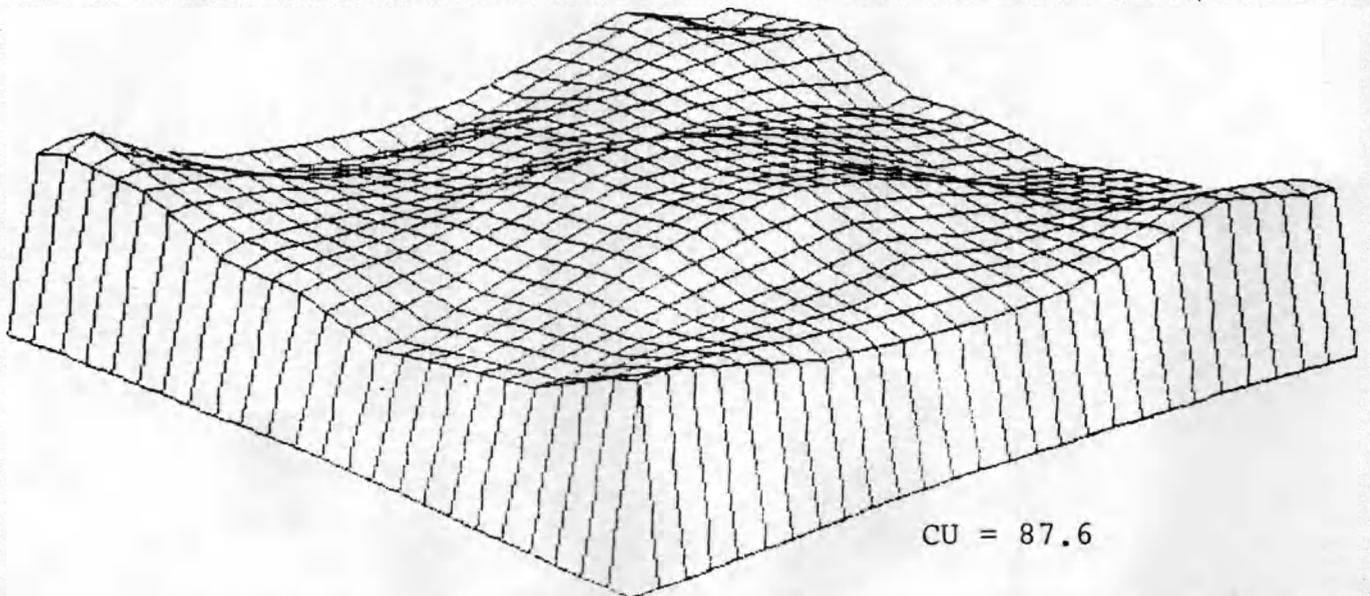


Figura A-43. Comportamiento pluviométrico de aspersor SENNIN GER 5023 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m.

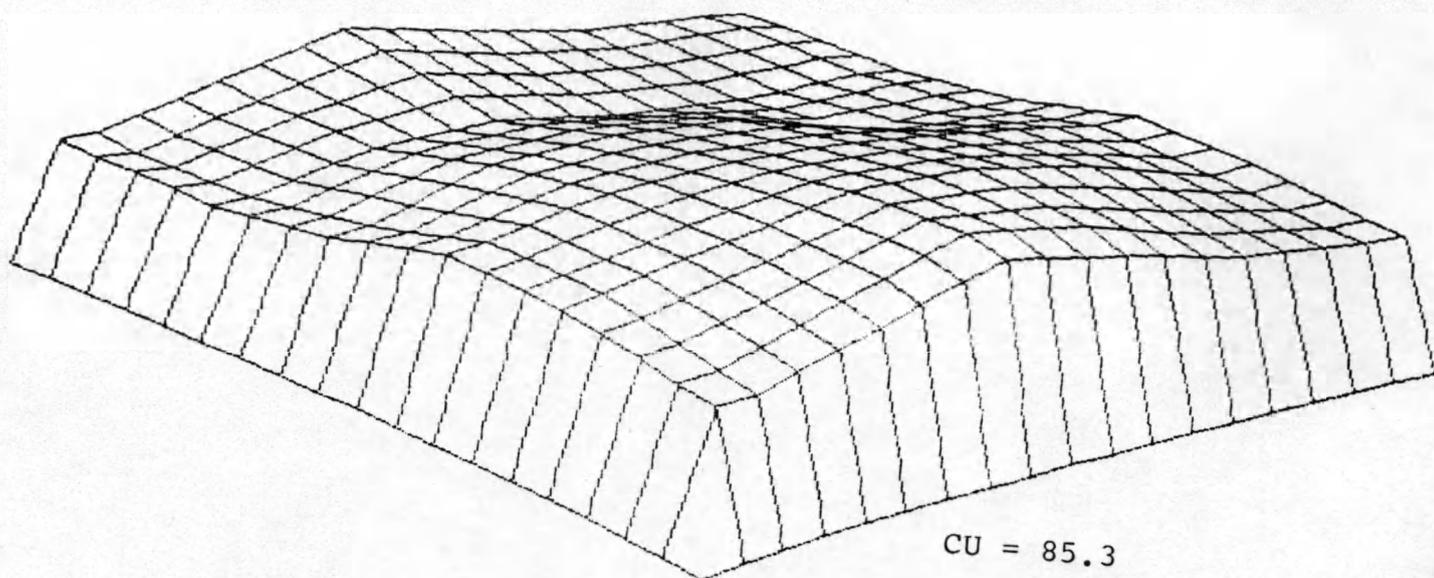


Figura A-44. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m.

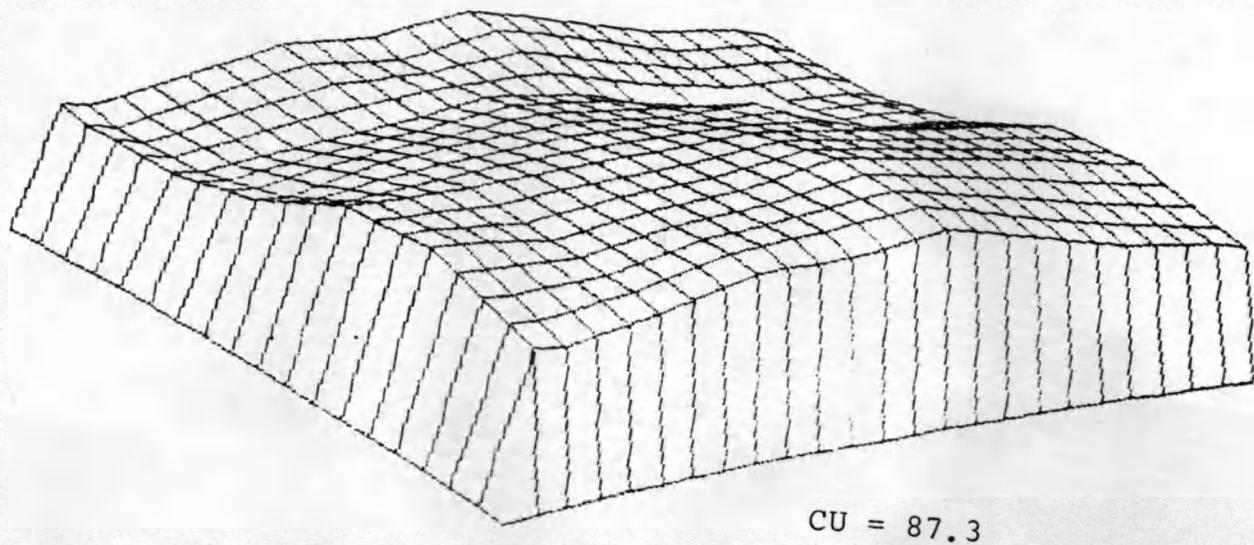
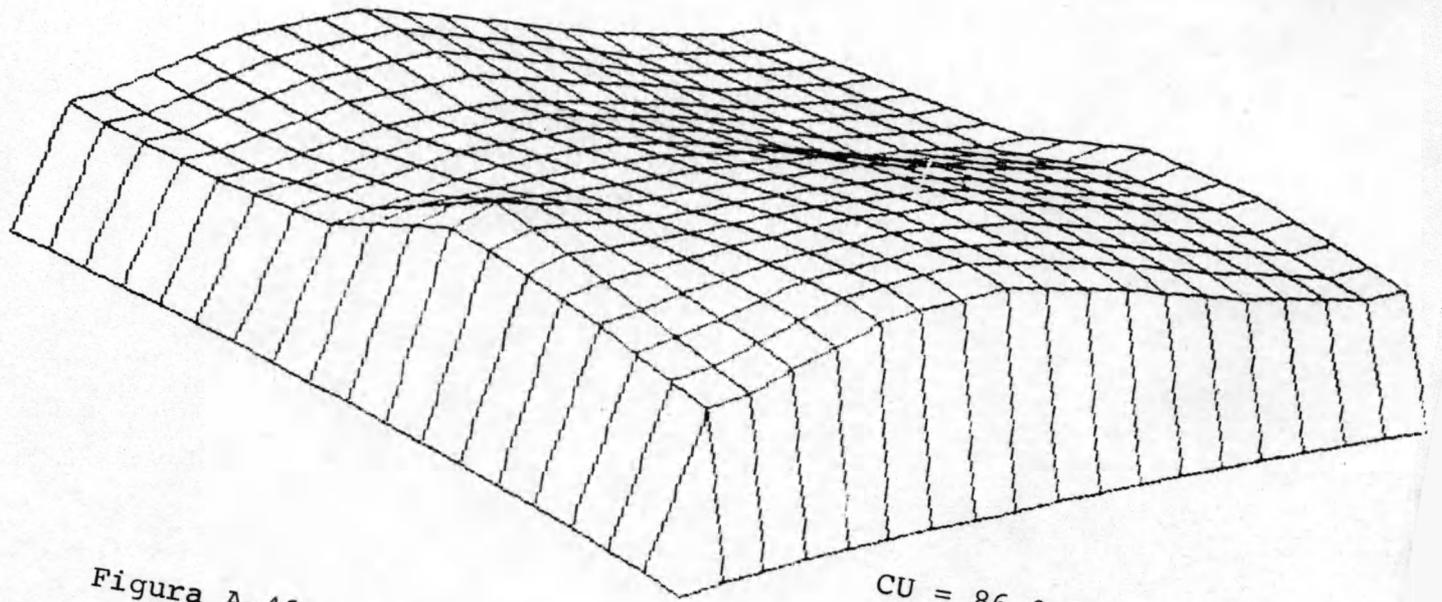
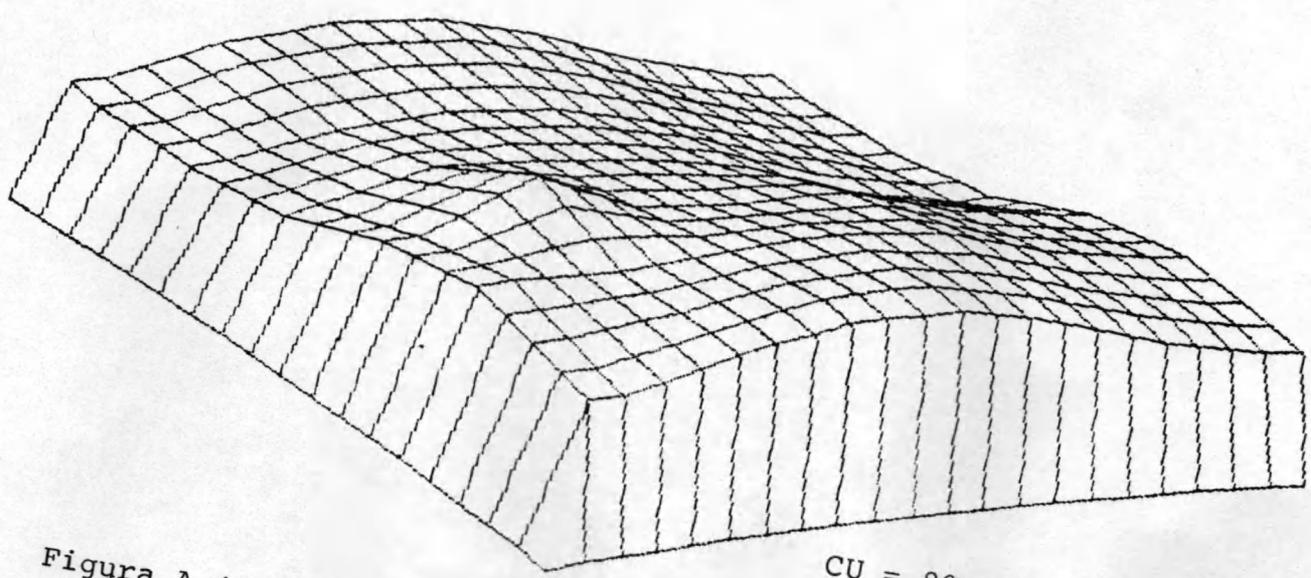


Figura A-45. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.



CU = 86.9

Figura A-46. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 12 x 12 m.



CU = 89.5

Figura A-47. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

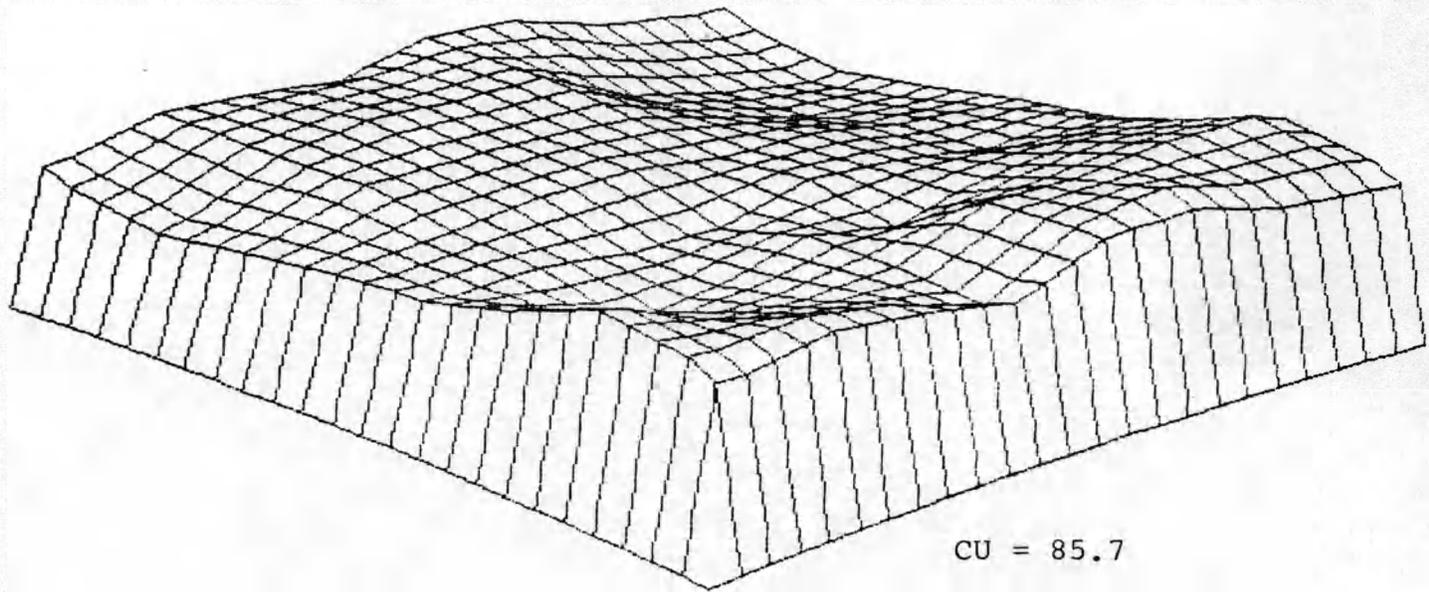


Figura A-48. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en cuadro de 16 x 16 m.

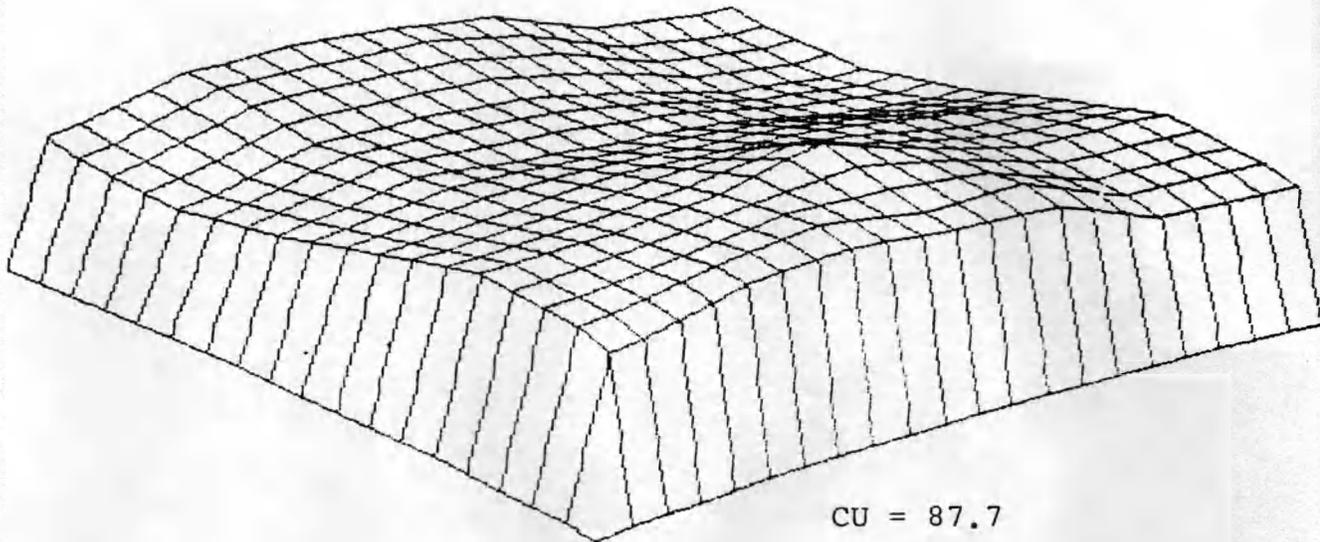


Figura A-49. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-33 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

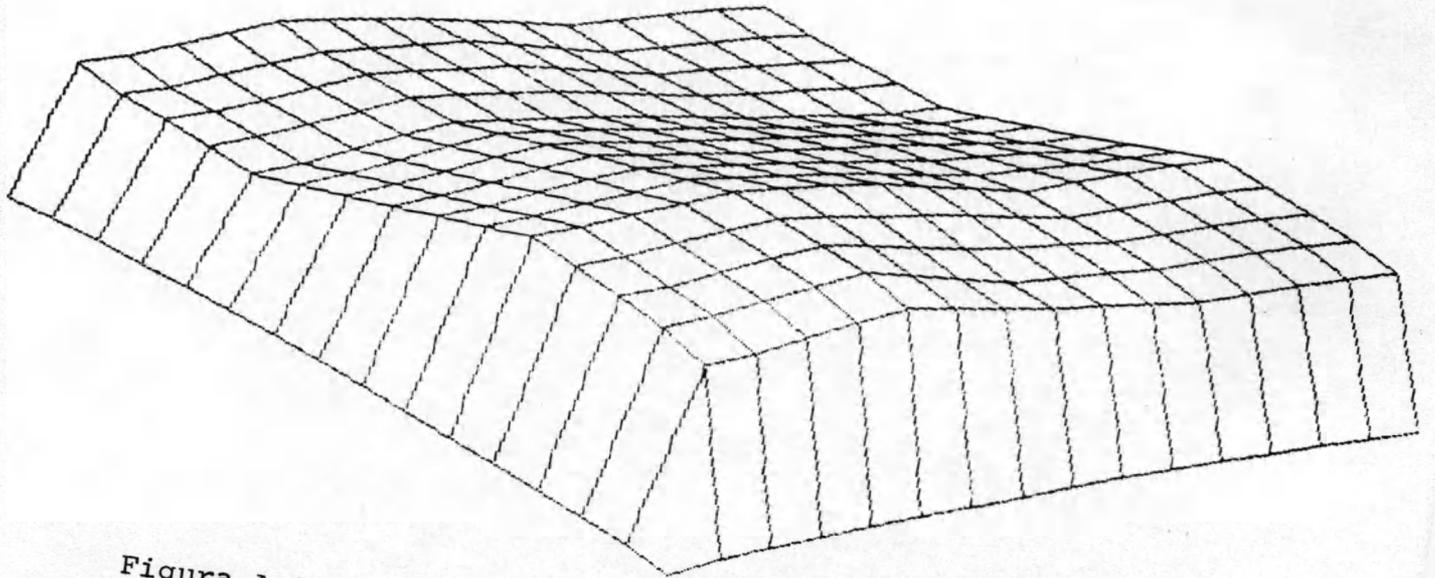


Figura A-50. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m.

CU = 86.3

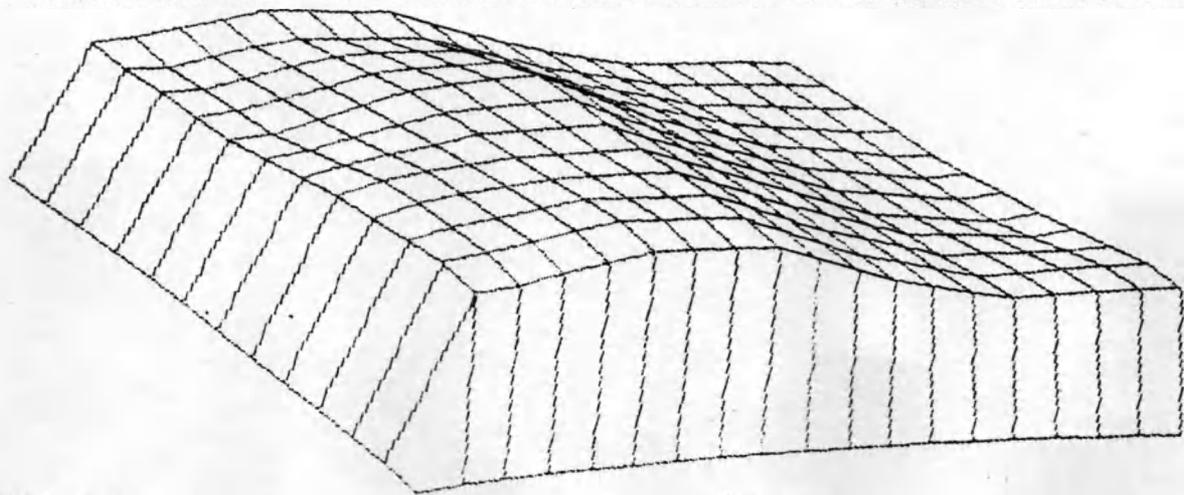


Figura A-51. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento rectangular de 8 x 12 m.

CU = 86.6

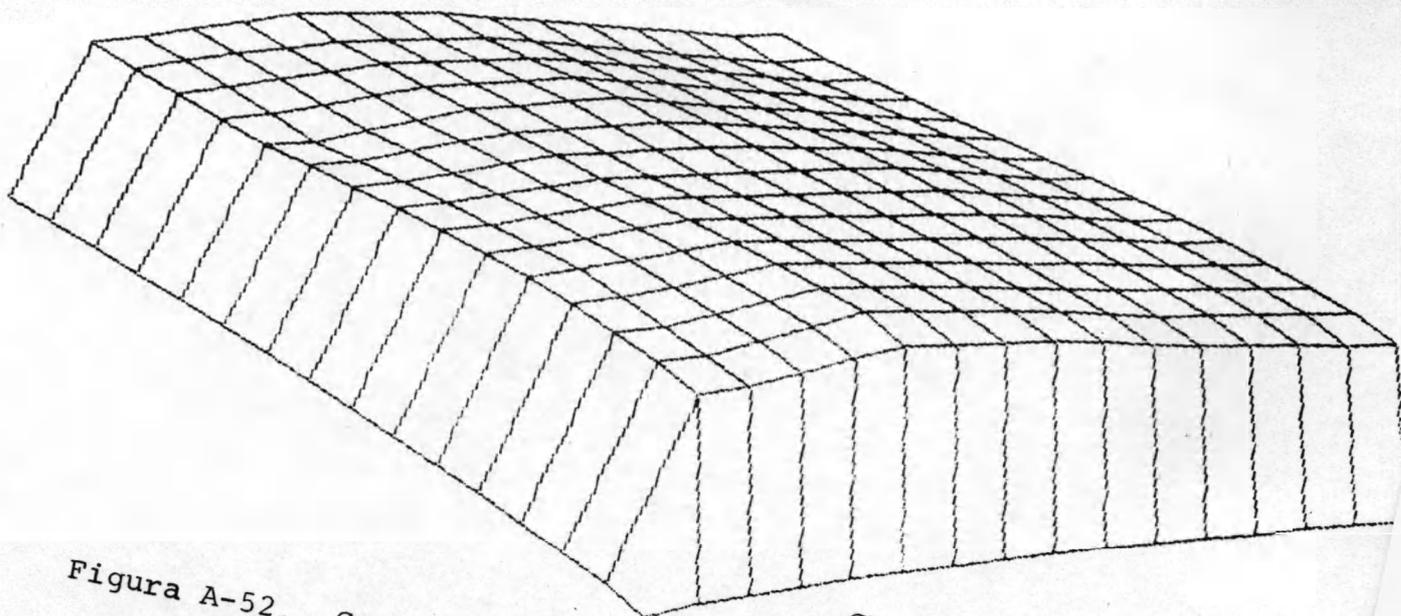


Figura A-52. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 10 x 10 m.

CU = 94.9

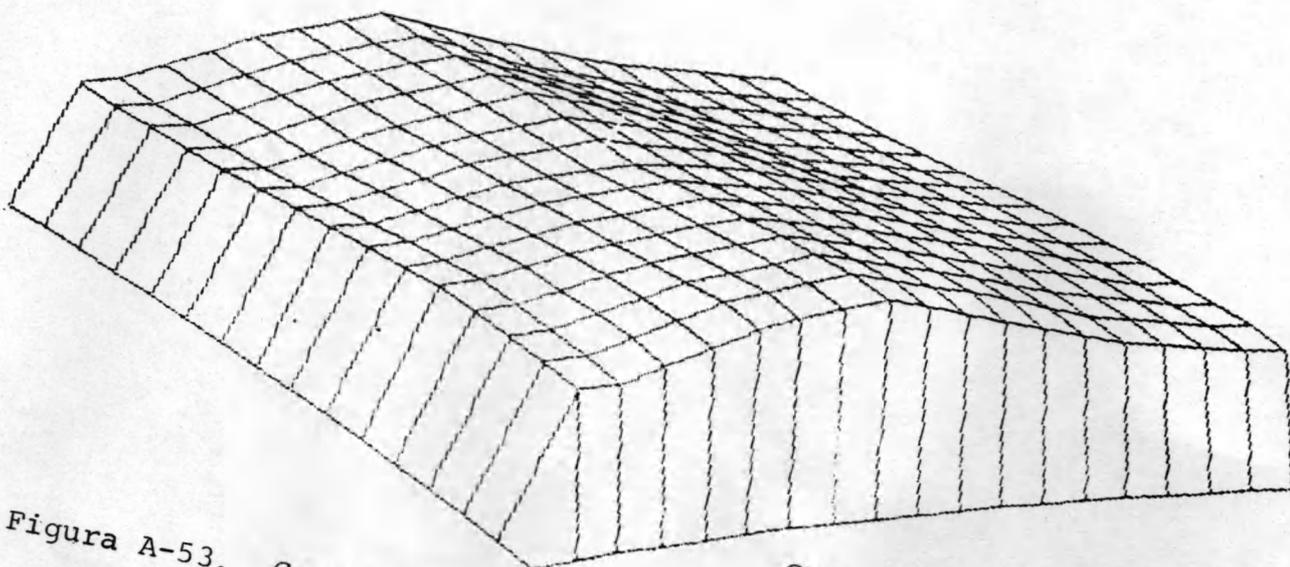


Figura A-53. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 10 x 12 m.

CU = 87.3

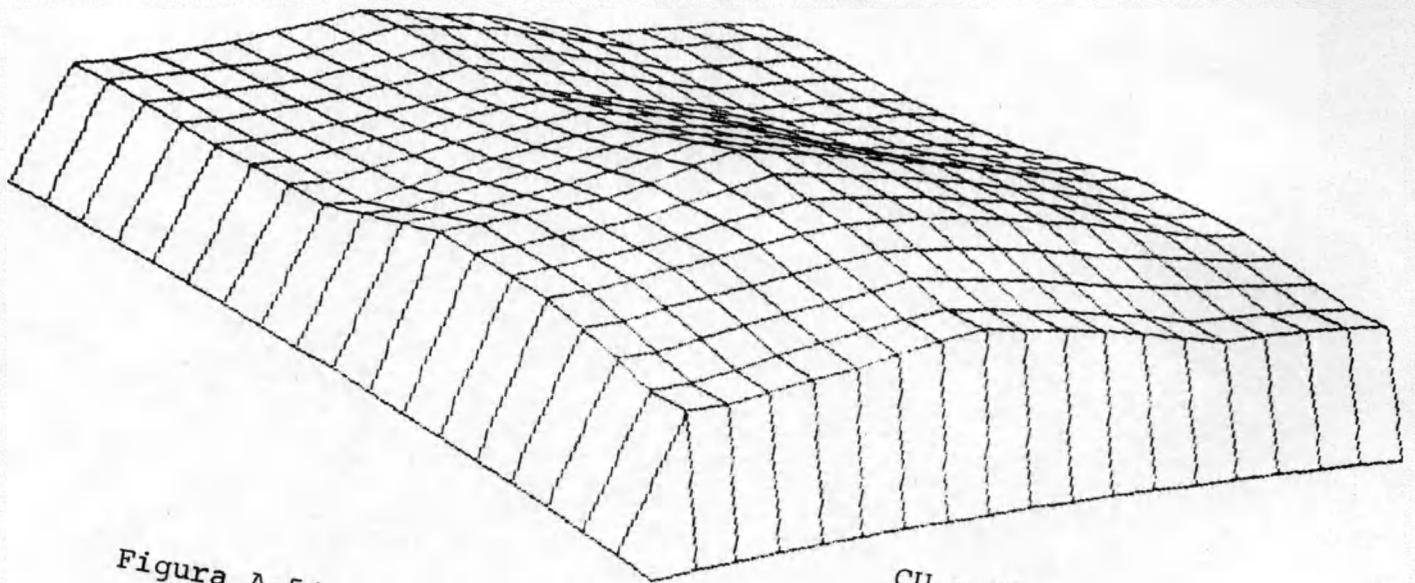


Figura A-54. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 60 Psi y espaciamento en cuadro de 12 x 12 m. CU = 87.3

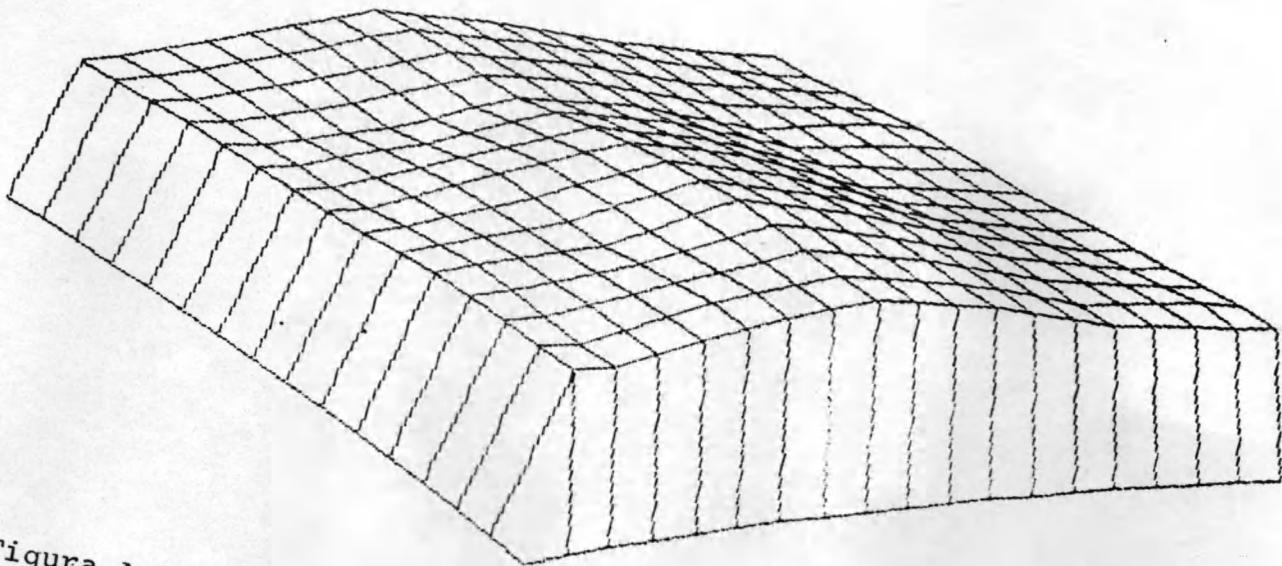


Figura A-55. Comportamiento pluviométrico de aspersor NELSON F-43 en cada esquina a 60 Psi y espaciamento rectangular de 10 x 12 m. CU = 90.4

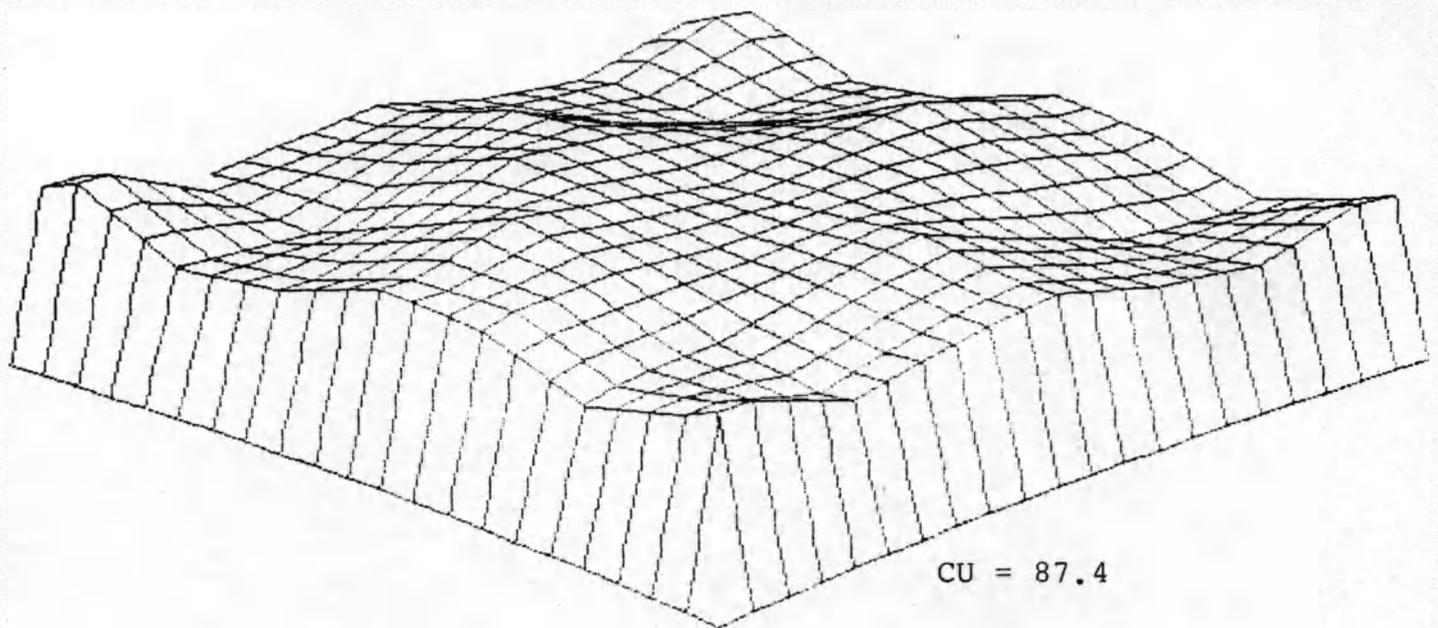


Figura A-56. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 14 x 14 m.

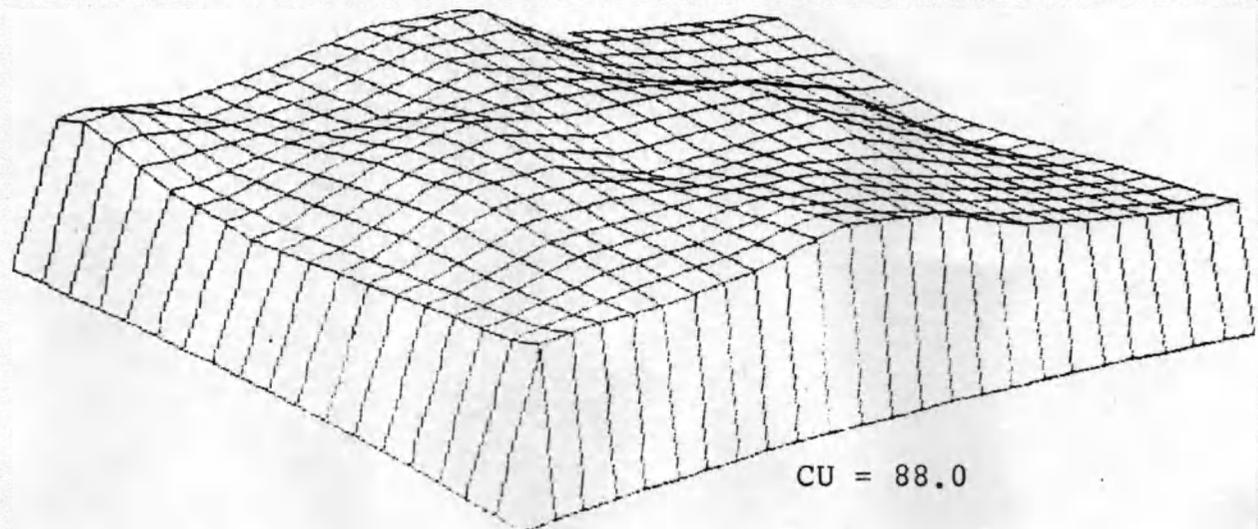
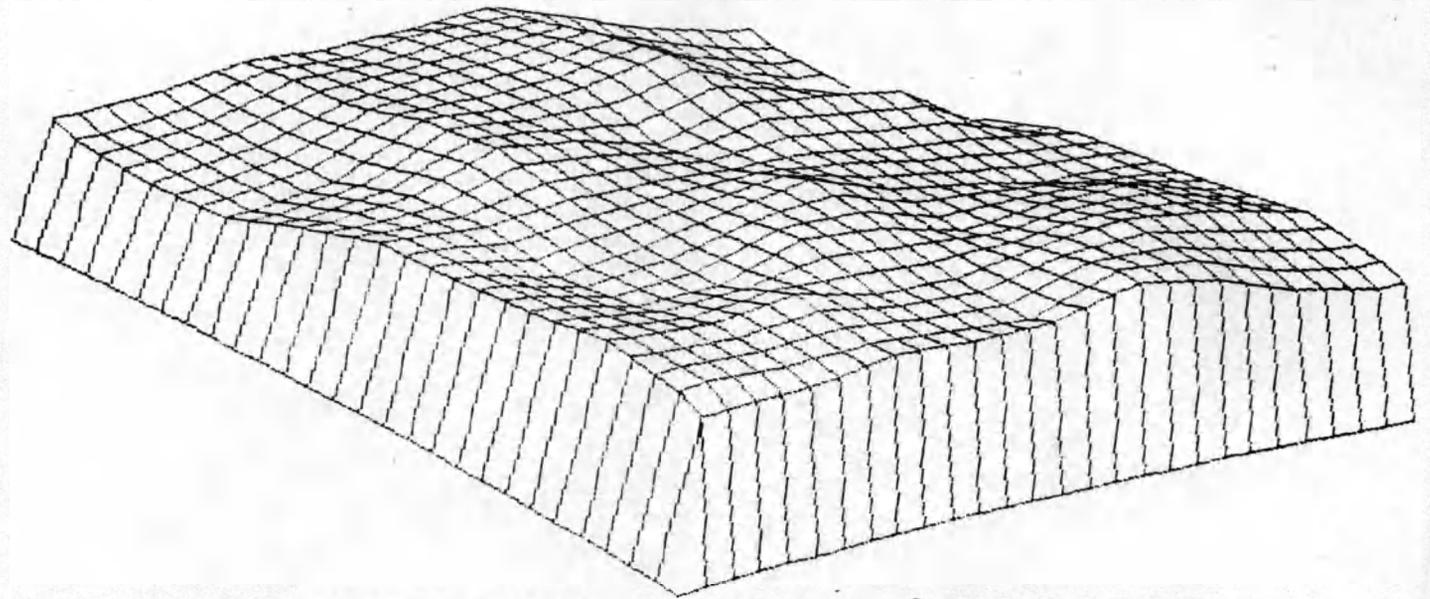
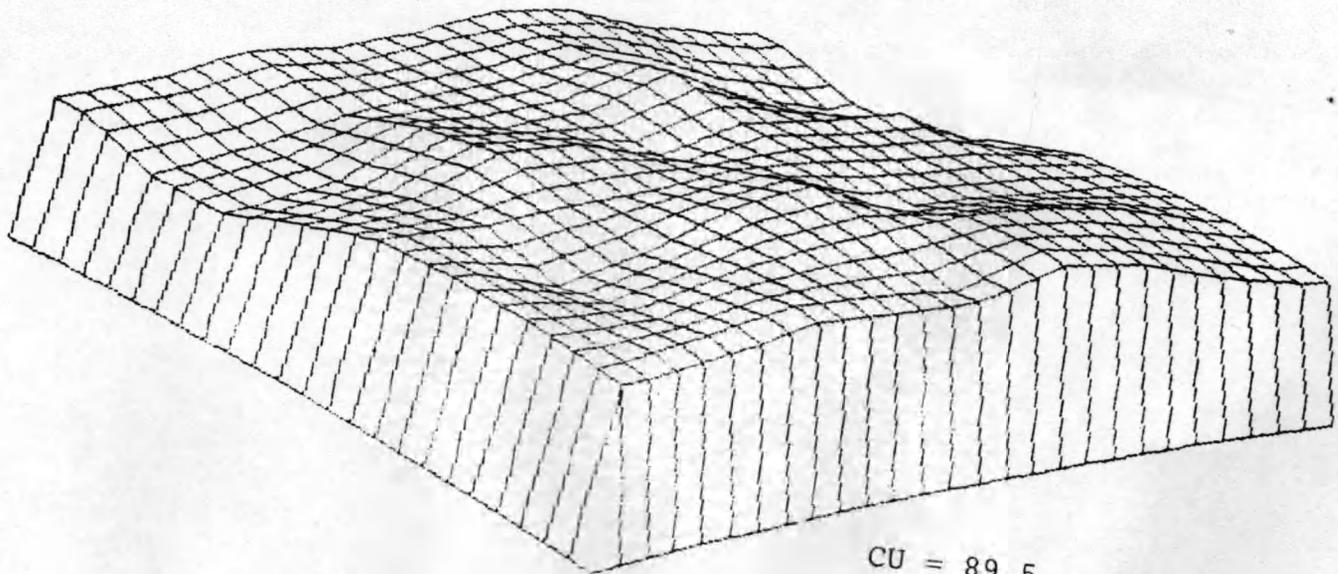


Figura A-57. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.



CU = 89.2

Figura A-58. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m.



CU = 89.5

Figura A-59. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m.

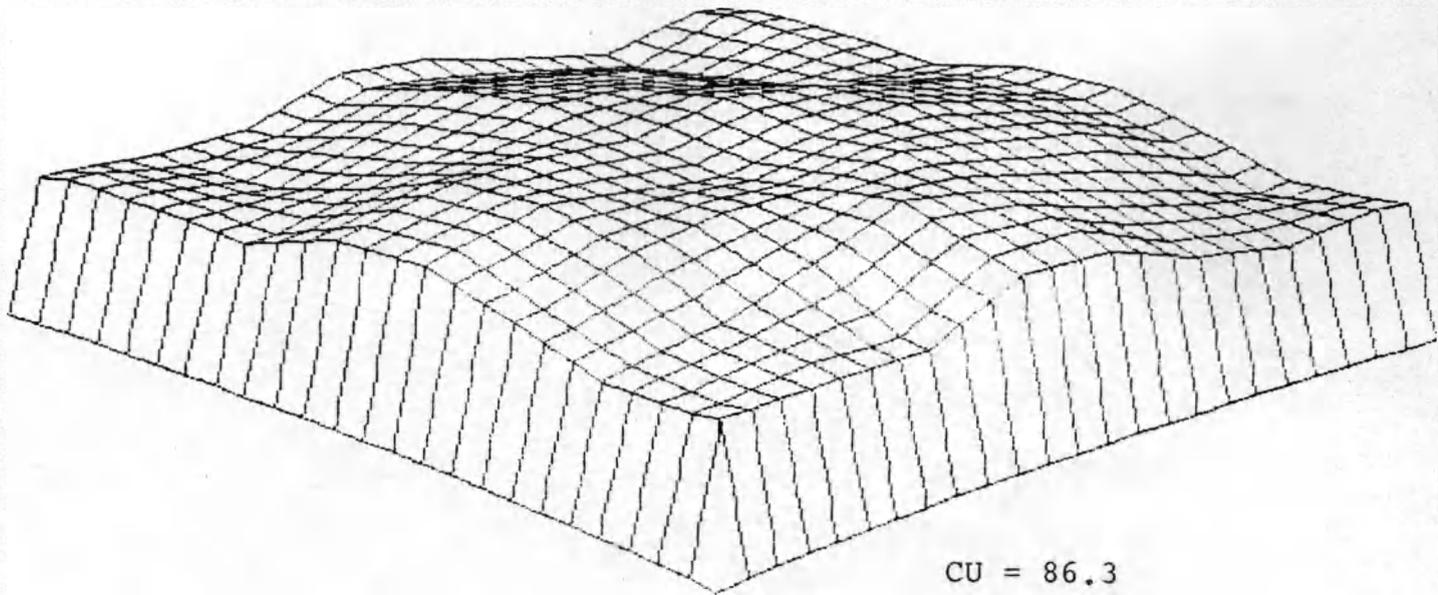


Figura A-60. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento en cuadro de 16 x 16 m.

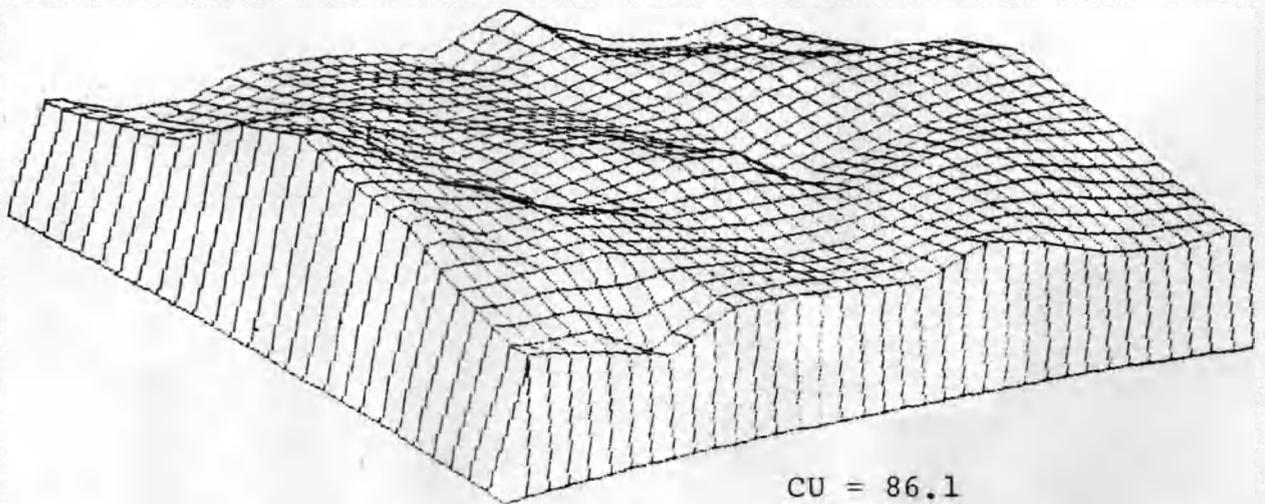


Figura A-61. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 14070 en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento rectangular de 18 x 24 m.

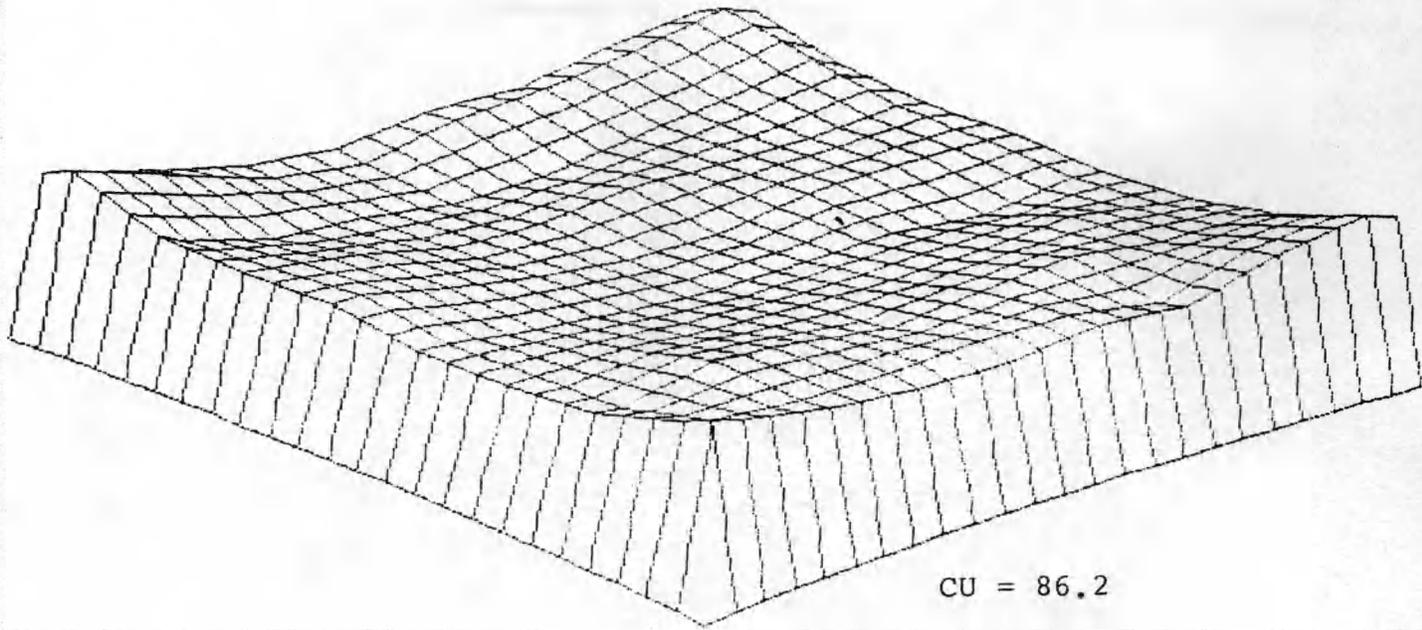


Figura A-62. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento en cuadro de 16 x 16 m.

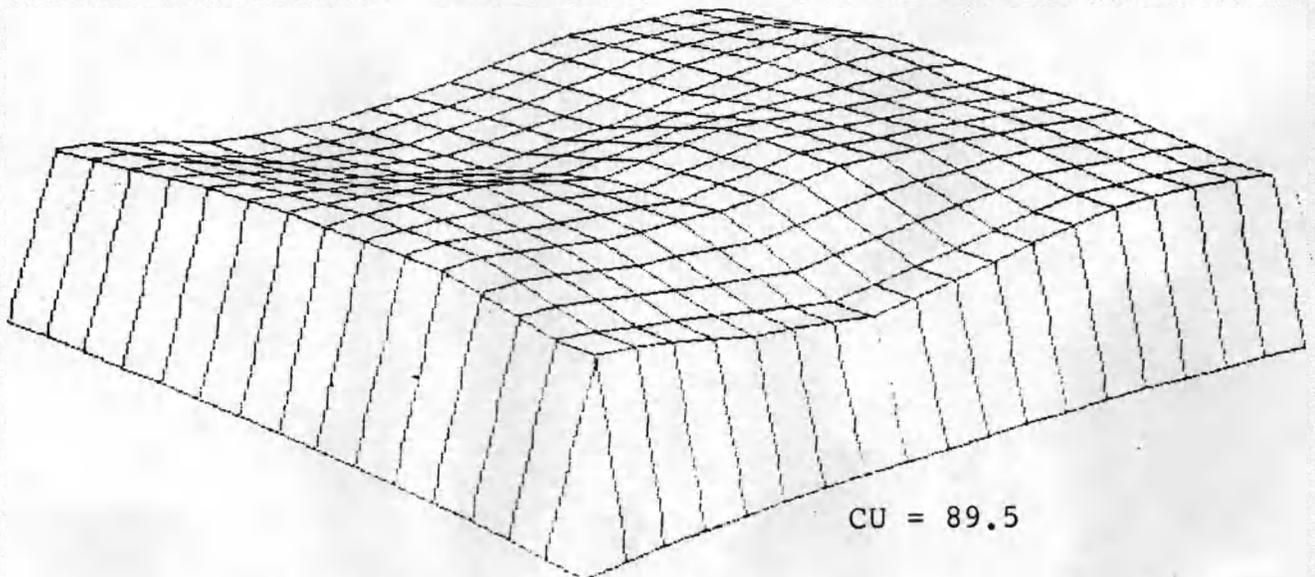


Figura A-63. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 40 Psi y espaciamiento rectangular de 10 x 12 m.

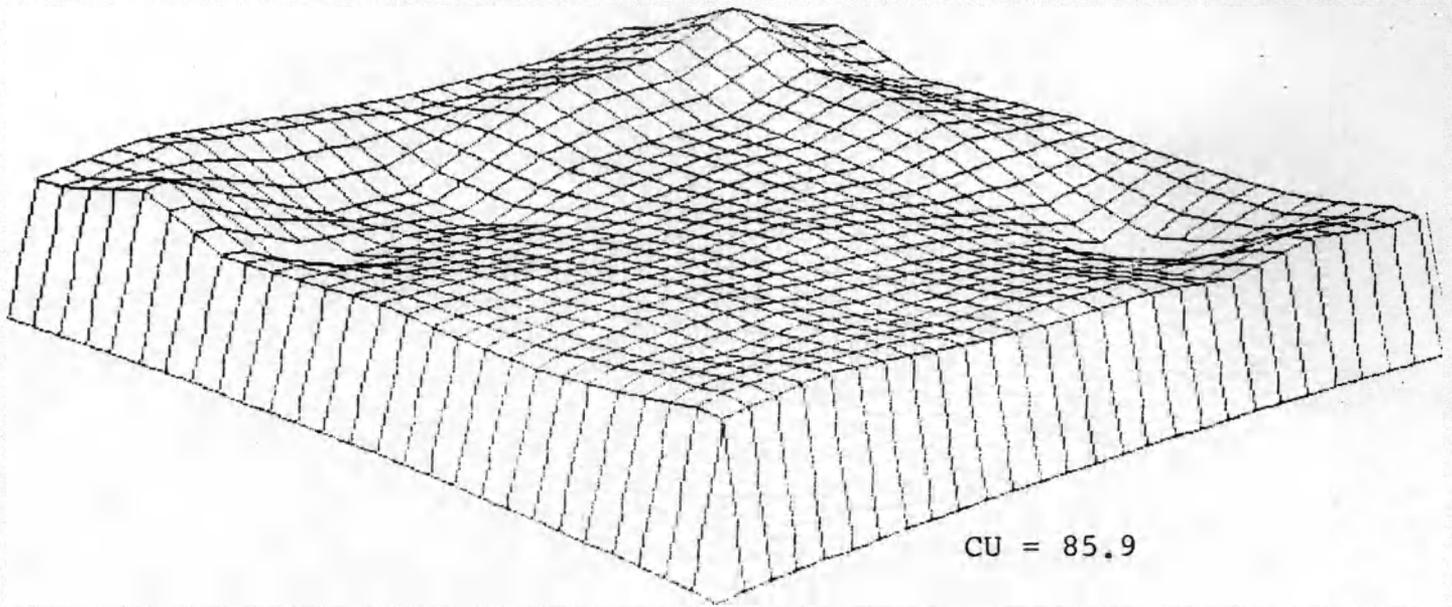


Figura A-64. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento en cuadro de 18 x 18 m.

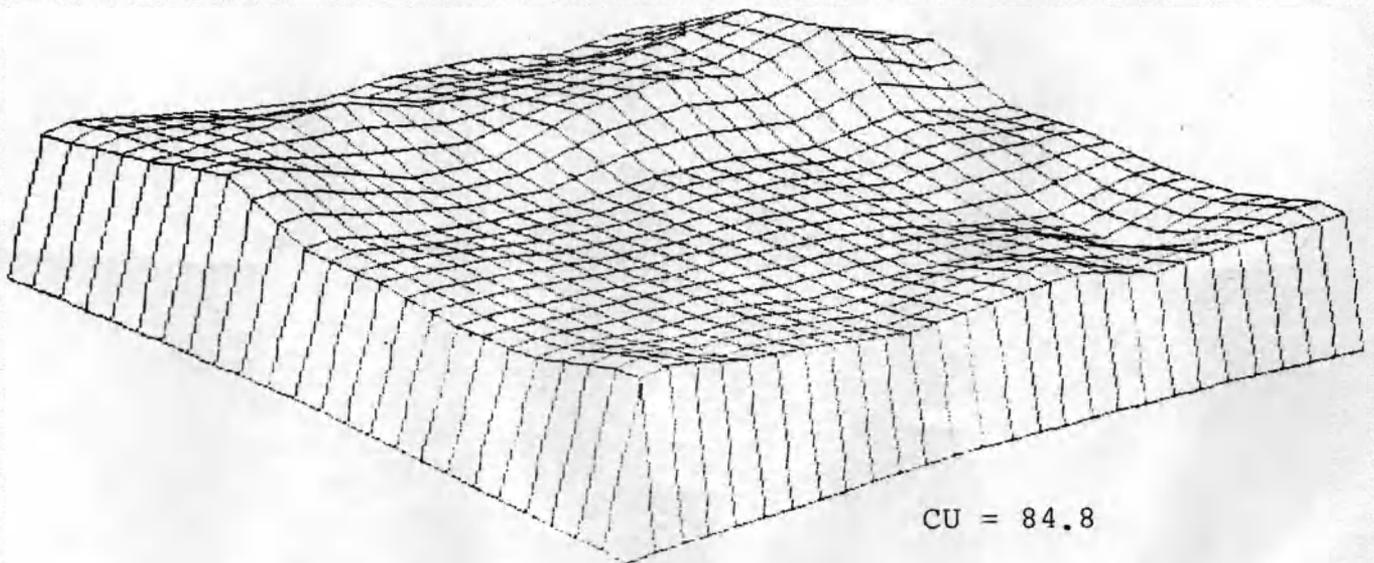


Figura A-65. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 50 Psi y espaciamiento rectangular de 16 x 18 m.

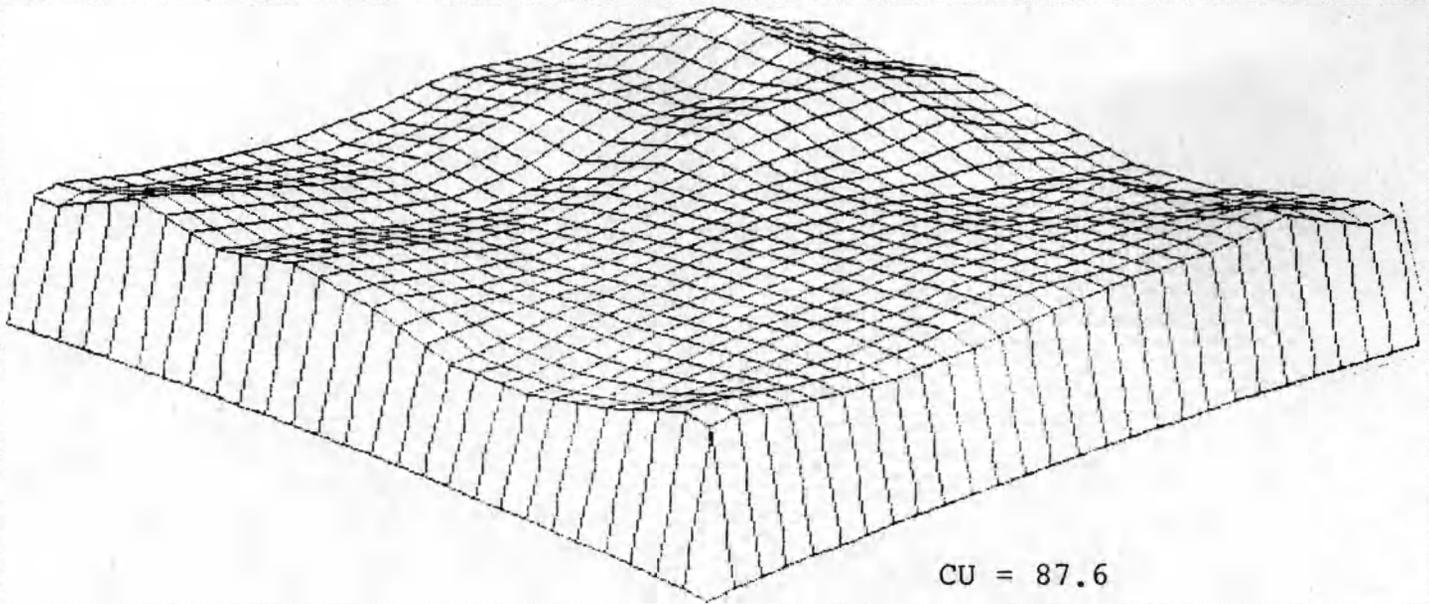


Figura A-66. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento de 18 x 18 m.

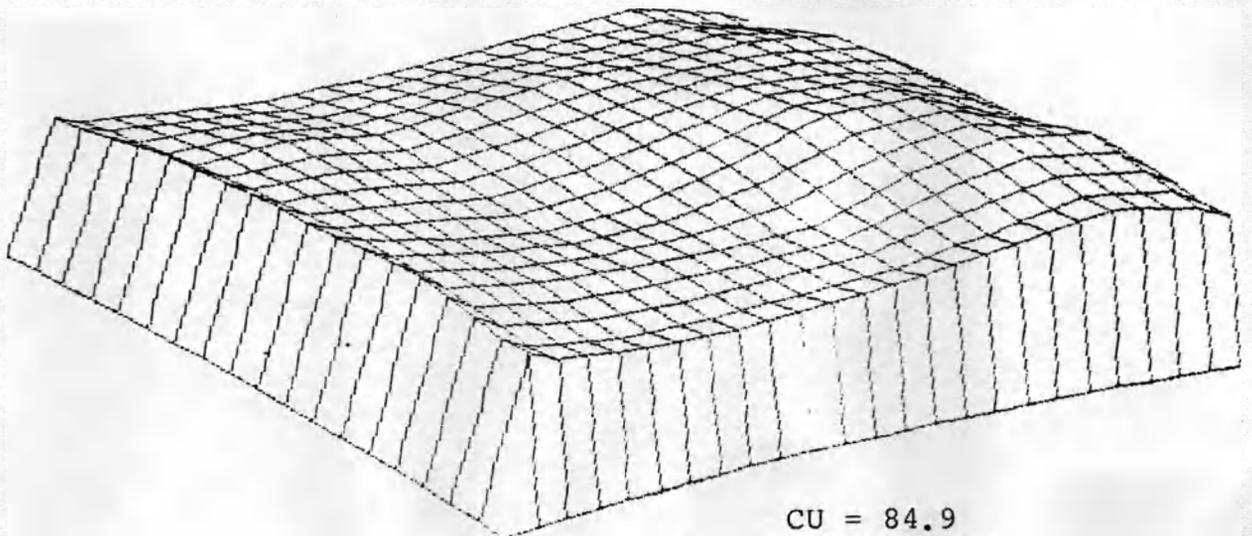


Figura A-67. Comportamiento pluviométrico de aspersor RAIN-BIRD 70 C-W en cada esquina a 60 Psi y espaciamiento rectangular de 12 x 16 m.

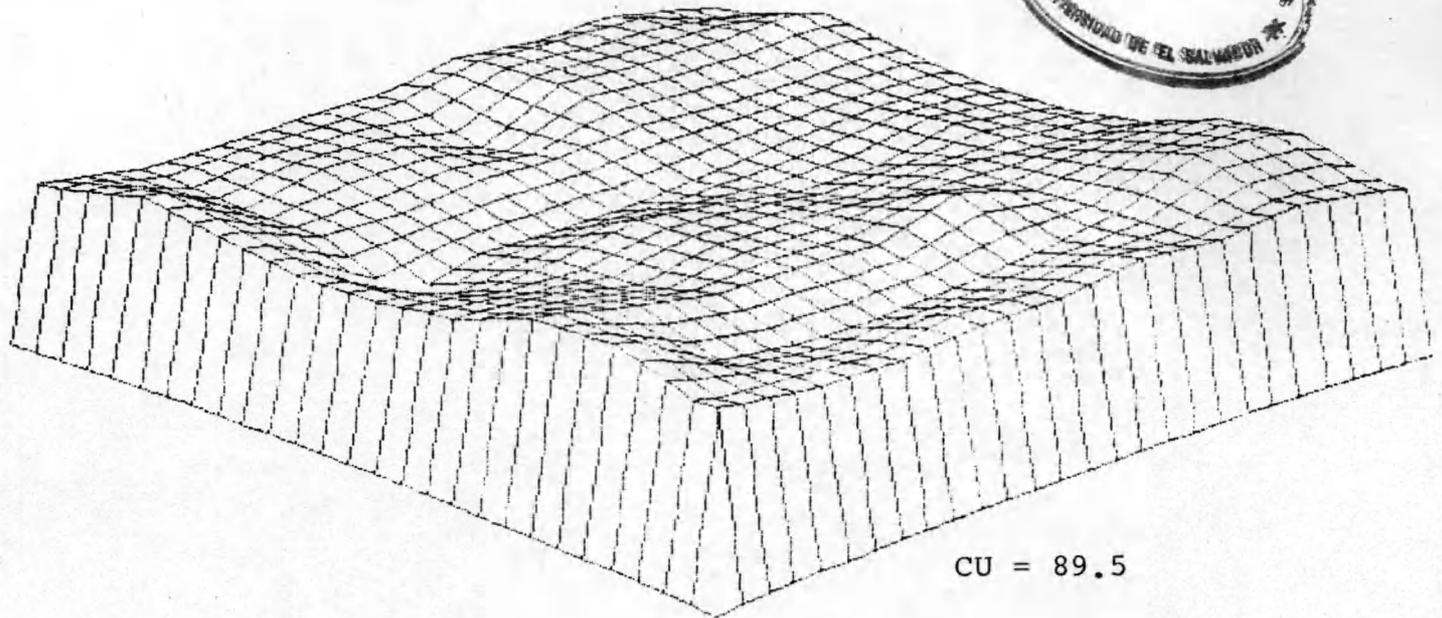


Figura A-68. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 40 Psi y espaciamento en cuadro de 18 x 18 m.

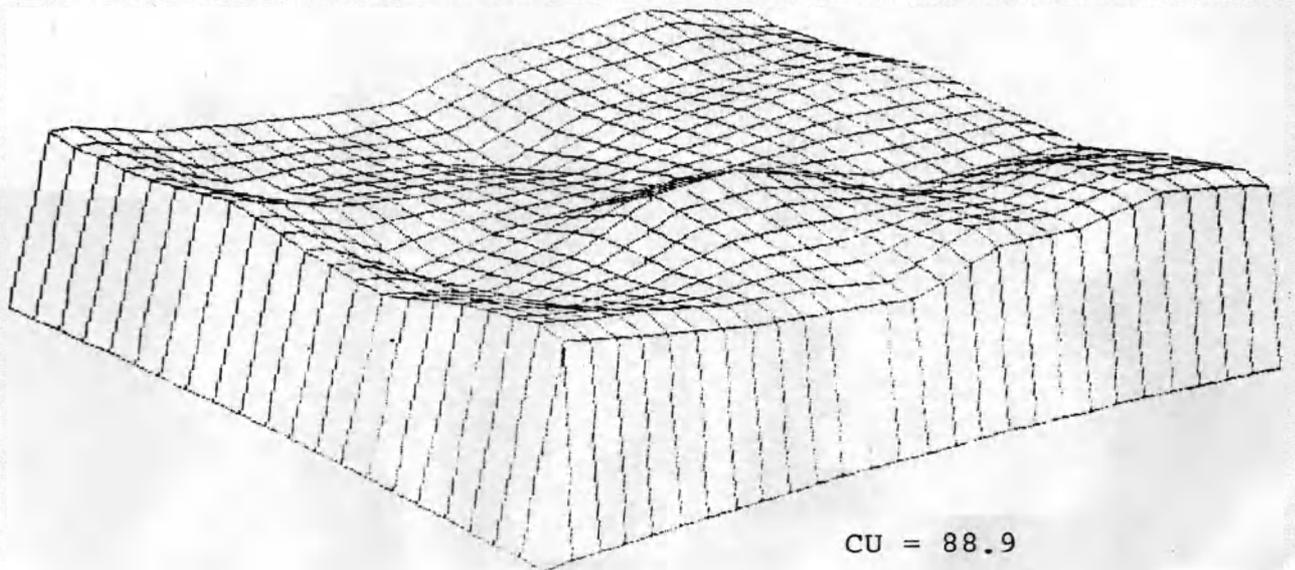


Figura A-69. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 40 Psi y espaciamento rectangular de 16 x 18 m.

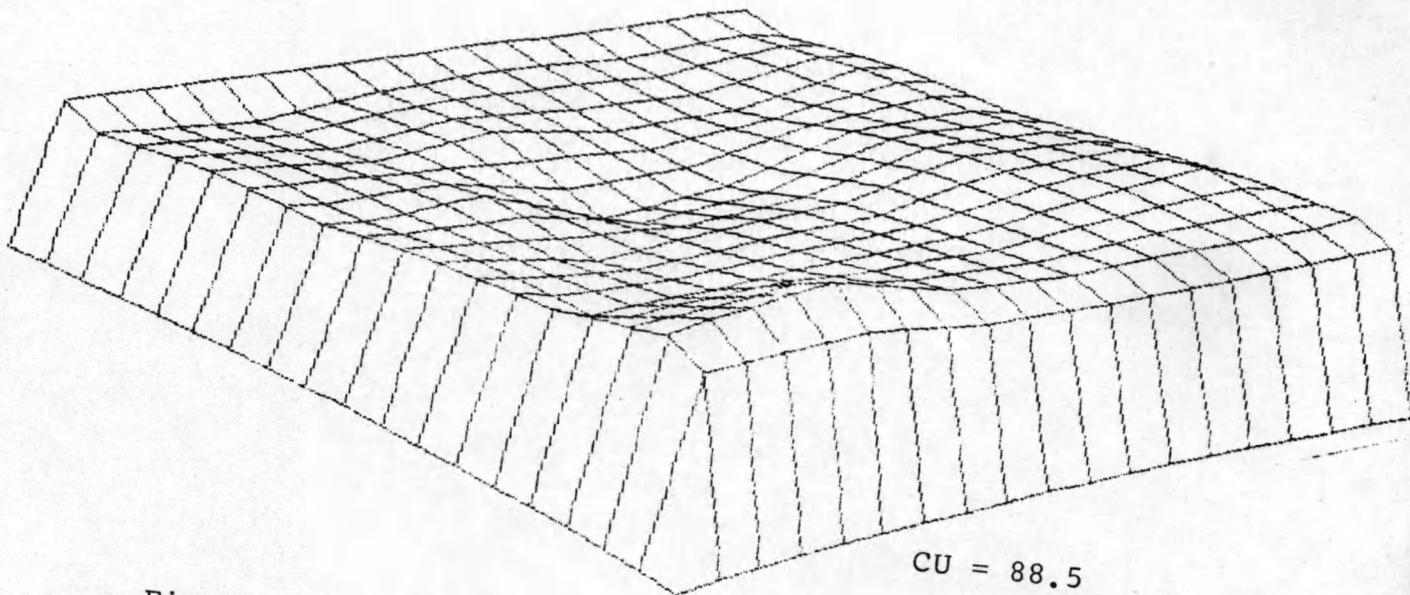


Figura A-70. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 50 Psi y espaciamento en cuadro de 18 x 18 m.

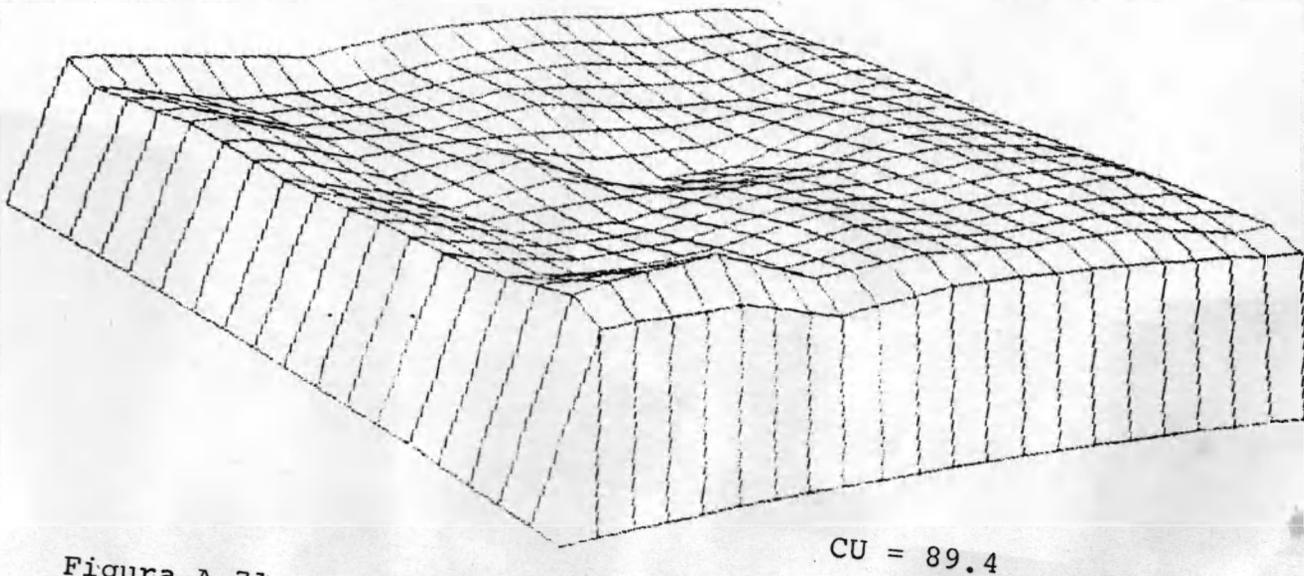


Figura A-71. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 50 Psi y espaciamento rectangular de 16 x 18 m.

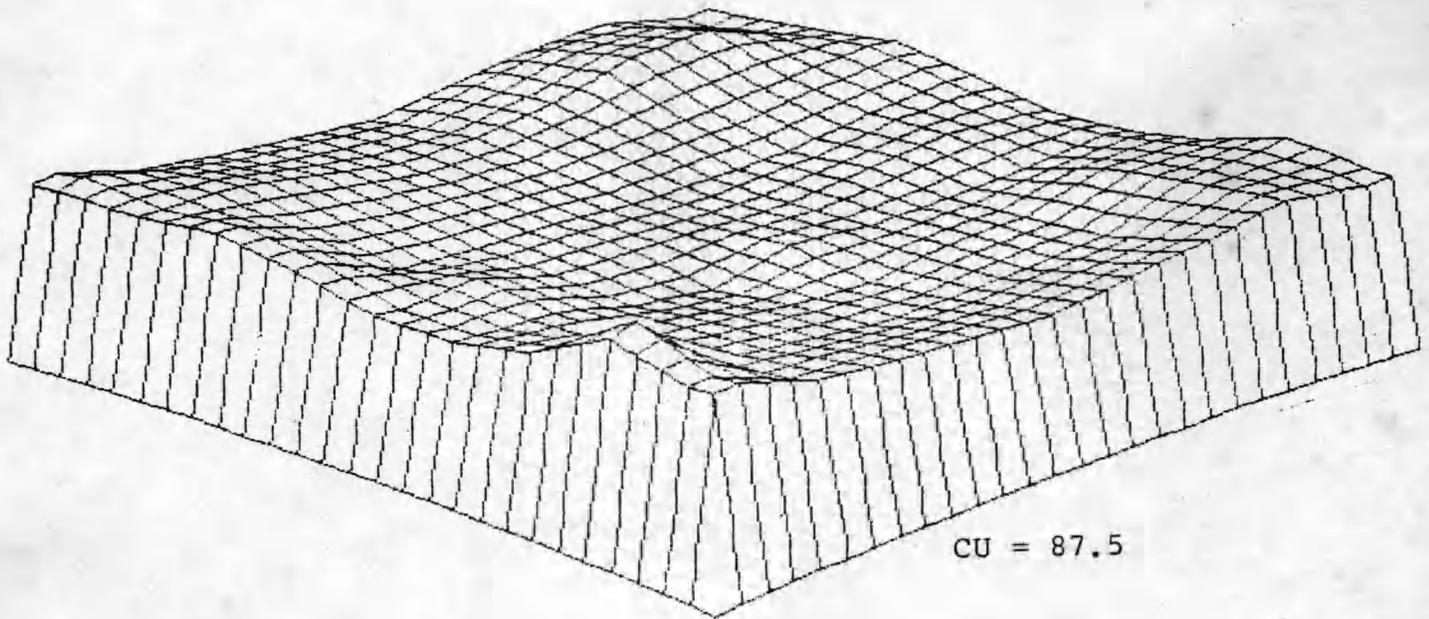


Figura A-72. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 60 Psi y espaciamento en cuadro de 18 x 18 m.

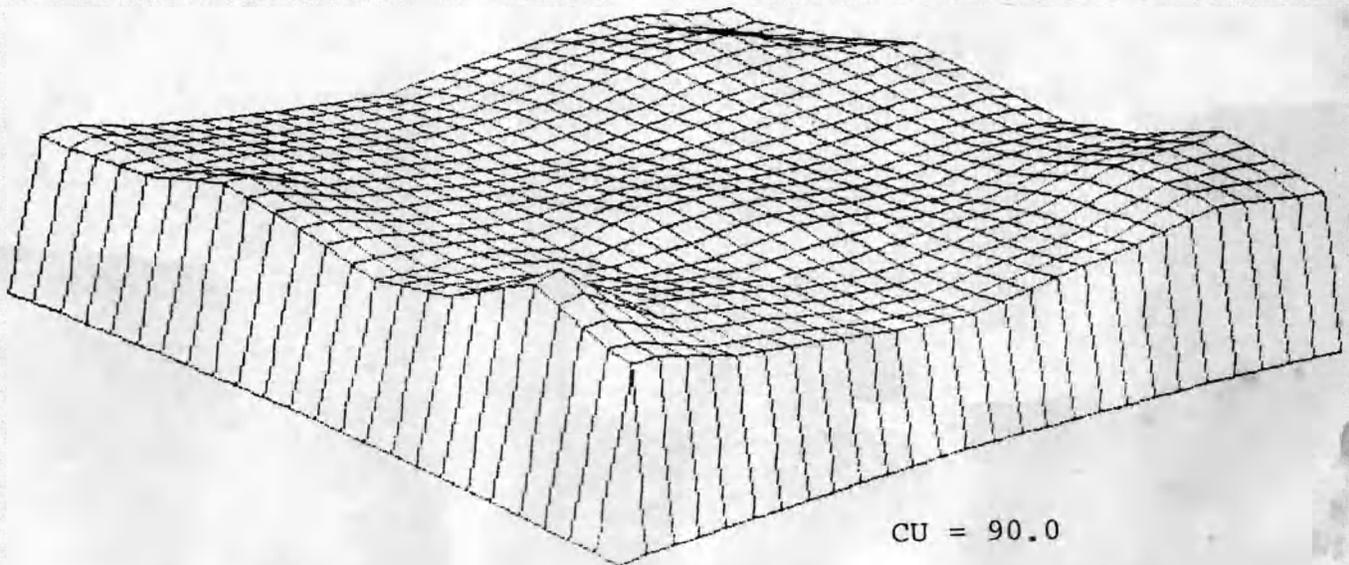


Figura A-73. Comportamiento pluviométrico de aspersor NAAN 233 en cada esquina a 60 Psi y espaciamento rectangular de 16 x 18 m.