



T  
631.7  
P02

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Mecánica



“Diseño de la Red de Aspersores para  
el Campus Prosperina Gustavo Galindo  
Sección Ingenierías”

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por :

**LETTY ARACELY POZO PAREDES**

Guayaquil - Ecuador

-: 1 9 9 7 :-

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. VICTOR HUGO  
GONZALEZ, director de  
tesis y especialmente Ing.  
MARCELO ESPINOSA  
por su ayuda y apoyo en  
la realización de este  
trabajo de tesis

## DEDICATORIA

A MIS PADRES  
VICTOR Y ABELINA,  
POR SU ENTREGA SIN  
LIMITES

A MI QUERIDO  
ESPOSO POR SU  
GRAN COMPRESION

A MIS DOS HIJOS  
NATASHA Y LUISITO

y Ante Todo a DIOS por  
permitirme llegar hasta  
aquí.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. EDUARDO RIVADENEIRA  
DECANO DE LA FIM.



ING. VICTOR HUGO GONZALES  
DIRECTOR DE TESIS



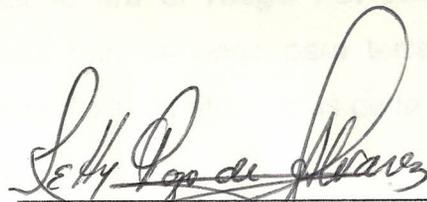
ING. MARCELO ESPINOSA  
VOCAL



ING. MARCOS TAPIA  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "



Letty Pozo Paredes

C.I 091050609-6

## RESUMEN

### **"DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN DEL CAMPUS PROSPERINA GUSTAVO GALINDO, SECCION INGENIERIAS".**

Este proyecto de investigación es un resultado de la necesidad de regar el césped que existe en el Campus Prosperina "GUSTAVO GALINDO" sección Ingenierías, ahorrando agua y dinero. Para ello se inició con un análisis de los recursos y limitaciones con que cuenta el Campus de la ESPOL, y de esta investigación encontramos que:

No se podía seguir con el viejo esquema de regar con agua potable debido a lo costoso que resultaba éste.

Que el método de irrigación adecuado era el *Riego Por Aspersión*, debido a la facilidad que presta este tipo de riego para terrenos con topografía accidentada e irregulares como lo es el Campus de la ESPOL.

Que el riego debe hacérselo con los recursos existentes en la ESPOL, como lo es el agua del Lago de Campus Prosperina, sin olvidar que este trabajo debía incluir un análisis del uso óptimo del agua requerida, pues el agua del lago es un recurso limitado. El nivel del agua del lago se renueva año a año en cada invierno.

Con estas consideraciones se procedió a hacer las investigaciones, análisis y consideraciones presentados en este trabajo, en el que el resultado final es el diseño de la red de aspersores. Documento presentado de la siguiente forma :

### ***En la primera parte***

Que corresponde a la *revisión bibliográfica* basada en los fundamentos técnicos y análisis experimentales hechos por la F.A.O y la estación de Pichilingue ( 5 años de estudios a gramíneas y especies forrajeras ), además de datos proporcionados por personas expertas en la materia, y otros documentos analizados para la elaboración del presente trabajo.

Es imposible para Un Ingeniero que trabaja en el área de riego descartar la parte agronómica del suelo y de la planta, pues basado en las característica suelo - planta - agua se ha podido encontrar datos para el proyecto, que han ayudado a determinar resultados correctos e importantes, de :

- \* Cantidad de agua a aplicarse
- \* frecuencia de riego
- \* intervalo de riego.

Del análisis hecho del suelo y del agua, se observa que ;

- \* El agua del "Lago del Campus Prosperina" es un agua apta para el riego, y que cumple con las limitaciones de Salinidad, PH, toxicidad, que la hacen un agua apta para el riego.
- \* El suelo, es del tipo FRANCO - ARCILLOSO rico en minerales, cuyas características que se muestran en el análisis de suelos (ver anexo 1)

***En la segunda parte :***

Muestra el cálculo para el diseño de la red de aspersores, para lo cual hubo que tomar los *planos de proyecto* existentes de la Prosperina y corregirlos, debido a que estos no estaban actualizados, de lo contrario los resultados de las hectáreas a regarse hubieran sido erróneos. Para este propósito se utilizó un programa de diseño de llamado *RainCAD*.

Una vez actualizadas las zonas a regarse se procedió al cálculo de la cantidad de agua a aplicarse en la que se hizo un balance hídrico ***ambiente - suelo - planta***, considerando :

- \* Datos agrotécnicos de las plantas
- \* Características del suelo y
- \* Condiciones ambientales ( temperatura, humedad relativa, velocidad de viento)

***En la parte final :***

Que corresponde a los cálculos de programación de Riego, para lo cual se ha dividido toda el área del proyecto en MODULOS DE RIEGO, para efectos de la programación del riego. Se presenta la programación anual del riego, junto con la cantidad de agua a regarse, el tipo de aspersor y las consideraciones para optimar el sistema de riego.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
INDICE DE PLANOS.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA.....	1
II. CARACTERISTICAS AGRICOLAS DE PASTOS Y FORRAJES	
2.1. Forrajes Generalidades.....	5
2.2. Forrajes y la conservación del suelo .....	6
2.3. Pastos Generalidades.....	8
2.4. Crecimiento Vegetativo de los Pastos.....	9
2.5. Pastos Tropicales.....	10
2.5.1. Características Pasto Bermuda de la Costa.....	12
2.5.2. Ciclo Vegetativo .....	14
III. CARACTERISTICA DE LOS SUELOS.....	14
3.1. Suelos Generalidades.....	14

3.2. Propiedades Físicas de los Suelos.....	14
3.3. Clasificación de los Suelos.....	16
3.4. Disponibilidad de Agua en el Suelo.....	20

#### IV. REQUERIMIENTO HÍDRICO DE LOS PASTIZALES

4.1. Requisitos de irrigación.....	24
4.1.1. Evapotranspiración.....	26
4.2. Evapotranspiración Referencial ( Método de Criddle).....	29
4.3 . Evapotranspiración del Cultivo ( ET CÉSPED).....	35
4.3.1. Elección del coeficiente del cultivo (Kc).....	35
4.3.2. Procedimiento de Cálculo.....	36
4.4. Programación Agrotécnica del Riego.....	38
4.4.1. Agua para Riego : Lámina de agua a aplicarse.....	40
4.4.2. Gasto óptimo de aplicación del agua .....	42
4.4.3. Cálculo Cantidad de Agua, frecuencia y Tiempo de Riego.....	45
4.5. Calidad de agua.....	48
4.6. CONCLUSIONES PARCIALES.....	52

#### V. METODOS Y EQUIPOS PARA RIEGOPOR ASPERSIÓN

5.1. Riego generalidades.....	54
-------------------------------	----

5.2. Métodos de riego.....	55
5.2.1. Riego por inundaciones.....	56
5.2.2. Riego por aspersión.....	56
5.2.3. Riego por goteo.....	56
5.3. Equipos para riego por aspersión	
5.3.1. Riego Mecanizado.....	58
5.3.2. Aspersores.....	59
5.4. Tipos Y Características de aspersores.....	61
5.4.1. Aspersores cabeza de Rociador.....	61
5.4.2. aspersores rotatorios.....	67
5.5. CONCLUSIONES PARCIALES.....	71

## VI. MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE UN SISTEMA DE ASPERSIÓN

6.1. Procedimiento para la planeación de un sistema de riego.....	72
6.2. Requisitos de Capacidad.....	73
6.3. Requisitos para la Selección de Aspersores.....	74
6.4. Espaciamiento entre aspersores.....	80
6.5. Tipos y colocación de Aspersores.....	85
6.5.1. Esquema cuadrado.....	85
6.5.2. Esquema triangular.....	87
6.5.3. Esquema rectangular.....	90

6.5.4. Combinaciones de varios Esquemas.....	91
6.6. Los Requisitos de Precipitación.....	92
6.6.1. Para el Esquema Cuadrado.....	93
6.6.2. Para el Esquema triangular.....	97
6.7. Consideraciones para un diseño apropiado .....	98
6.8. CONCLUSIONES PARCIALES.....	101

## VII. DISEÑO DEL SISTEMA

7.1. Digitalización del plano.....	102
7.2. Reconocimiento de zonas Sembradas y de Zonas por sembrar.....	103
7.3. Toma de Decisiones en el Diseño.....	103
7.3.1 Diseño de la red de aspersores por Módulos.....	105
7.3.2 Selección de los aspersores por zona.....	105
7.3.3 Planeación del tiempo de riego.....	117
7.3.4 Descarga de los Aspersores por Módulo.....	117

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....

### ANEXO 1.....

Análisis del suelo del Campus Prosperina ESPOL

Análisis del agua del lago del Campus Prosperina ESPOL

Datos de Temperatura, Humedad Relativa, Precipitaciones Pluviales

de estación meteorológica Aeropuerto "Simón Bolívar".

ANEXO 2.....129

Características de aspersores SERIE 1800 Raind Bird

Características de aspersores SERIE T Raind Bird

ANEXO 3.....138

PLANOS DIVIDIDOS EN MODULOS DE RIEGO

BIBLIOGRAFIA.....155

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Gráfico 1.1 Lago de la ESPOL.....	2
Gráfico 1.2 Plano de ESPOL con zonas sembradas .....	3
Gráfico 3.1 Triángulo de constitución de suelos .....	18
Gráfico 4.1 Balance hídrico del suelo .....	25
Gráfico 4.2 Calculo ETo .....	33
Gráfico 4.3 Determinación del Kc .....	37
Gráfico 5.1 Aspersor. ....	60
Gráfico 5.2 Aspersor cabeza superficial .....	63
Gráfico 5.3 Aspersor cabeza de arbusto.....	64
Gráfico 5.4 Aspersor con cabeza de rociador Pop - Up .....	65
Gráfico 5.5 Aspersores rotatorios .....	67
Gráfico 5.6 Aspersor rotatorio cabeza de impacto.....	68
Gráfico 5.7 Aspersores rotatorios cabeza de Pop - Up.....	69
Gráfico 6.1 Líneas laterales entre aspersores .....	79
Gráfico 6.2 Modelo de distribución de aspersión.....	81
Gráfico 6.3 Espaciamiento al 60 % .....	82
Gráfico 6.4 Espaciamiento al 50 % .....	84
Gráfico 6.5 Esquema cuadrado .....	86
Gráfico 6.6 Esquema triangular .....	88
Gráfico 6.7 Arreglo cuadrado de aspersores .....	93
Gráfico 6.8 Arreglo triangular de aspersores .....	97
Gráfico 7.1 Plano de la ESPOL dividida en zonas .....	103

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Pastos de la costa .....	11
Tabla 3.1	Textura del suelo.....	16
Tabla 3.1	Estructura del suelo .....	18
Tabla 3.3	Resumen de las propiedades físicas del suelo .....	22
Tabla 4.1	Datos mínimos que se requieren para cada método .....	28
Tabla 4.2	Porcentaje de horas de insolación p .....	30
Tabla 4.3	Eficiencia de riego diferentes climas .....	31
Tabla 4.4	Resultados del ETc (Césped) .....	34
Tabla 4.5	Cantidad de agua que el suelo puede retener de acuerdo a su textura .....	40
Tabla 4.6	Fracción de agua disponible en zona de raíces .....	43
Tabla 4.7	Eficiencia de riego en diferentes climas.....	43
Tabla 4.8	Tabla de resultados de programación de riego .....	47
Tabla 4.9	Efectos de la calidad de agua de riego .....	51
Tabla 6.1	Clasificación de aspersores y su adaptabilidad.....	76
Tabla 6.2	Espacio entre aspersores esquema triangular .....	87
Tabla 6.3	Espacio entre aspersores esquema rectangular .....	90
Tabla 7.1	Áreas divididas en módulos de riego.....	104
Tabla 7.2	Áreas por zonas.....	106
Tabla 7.3	Lista de aspersores por zona .....	108
Tabla 7.4	Programación de los tiempos de riego .....	117

## INDICE DE PLANOS

PLANO A.1	Módulo 1 y Módulo 2
PLANO A.2	Módulo 3
PLANO A.3	Módulo 3
PLANO A.4	Módulo 5
PLANO A.5	Módulo 6
PLANO A.6	Módulo 7
PLANO A.7	Módulo 7
PLANO A.8	Módulo 8
PLANO A.9	Módulo 9
PLANO A.10	Módulo 10
PLANO A.11	Módulo 11
PLANO A.12	Módulo 12
PLANO A.13	Módulo 13
PLANO A.14	Módulo 14
PLANO A.15	Módulo 15
PLANO A.16	Módulo 16
PLANO A.17	Módulo 17
PLANO A.18	Módulo 18 y Módulo 19
PLANO A.19	Módulo 20
PLANO A.20	Módulo 21

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA

La preocupación en la agricultura debe ser una meta y tarea de todos. En cualquier parte del mundo el aspecto de la tierra refleja fielmente la cultura del pueblo que vive sobre ella. "Cuando la tierra es pobre y está agotada, así lo es el pueblo que lucha por mantenerse sobre su superficie inhóspita. Y donde la tierra es rica y generosa el pueblo que la habita tiene la oportunidad de vivir una vida rica y próspera" ( 1).

Dentro de la agricultura tenemos la práctica de sembrar Pastos y Gramíneas, que además de alimentar a los animales sirve como medio para preservar la tierra y evitar erosiones, además de darle a las zonas sembradas con Césped un aspecto ornamental y vistoso . Este uso de jardinería, que cuenta con mucha popularidad, debido a todas las bondades que proporciona a los suelos recubiertos con ellos. Actualmente se ha llegado al consenso que, sin importar las condiciones climáticas, las gramíneas y leguminosas favorecen al mejoramiento y conservación del suelo, como lo veremos en los capítulos posteriores.

El objetivo del presente trabajo, es diseñar un sistema de riego que solucione el problema actual de suministrar agua al césped del Campus Prosperina de la ESPOL de los suelos. Aumentando la permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo, evitándose así la erosión que es un problema muy serio que

presenta el suelo si no se lo trata de cubrir con algunas especies forrajeras como son los céspedes y gramíneas.

Actualmente en la Prosperina el riego se realiza parcialmente con carros surtidores de agua potable, en tanto que en el resto de las áreas actualmente sembradas se riega con agua extraída desde el lago, con un carro tanque movido por un tractor, a un costo total de más **un millón de sucres** diarios.

**El lago** es un recurso con que cuenta el Campus Prosperina, que anualmente, con las precipitaciones Pluviales se llena, pero cabe anotar que es un recurso limitado y que tiene una capacidad de 450.000 litros de agua, permitiendo extraer del lago una cantidad de 80.000 litros sin que su nivel sufra, no debería bajar una cota mayor a 6mt. Ver Gráfico 1.1

LAGO DE LA ESPOL

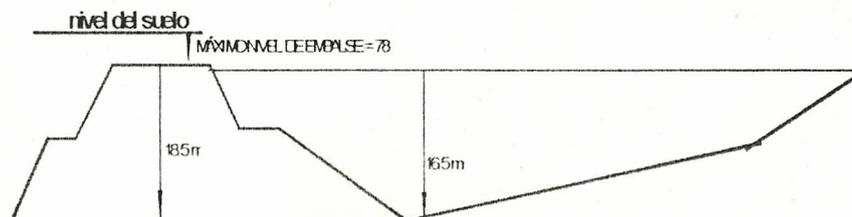
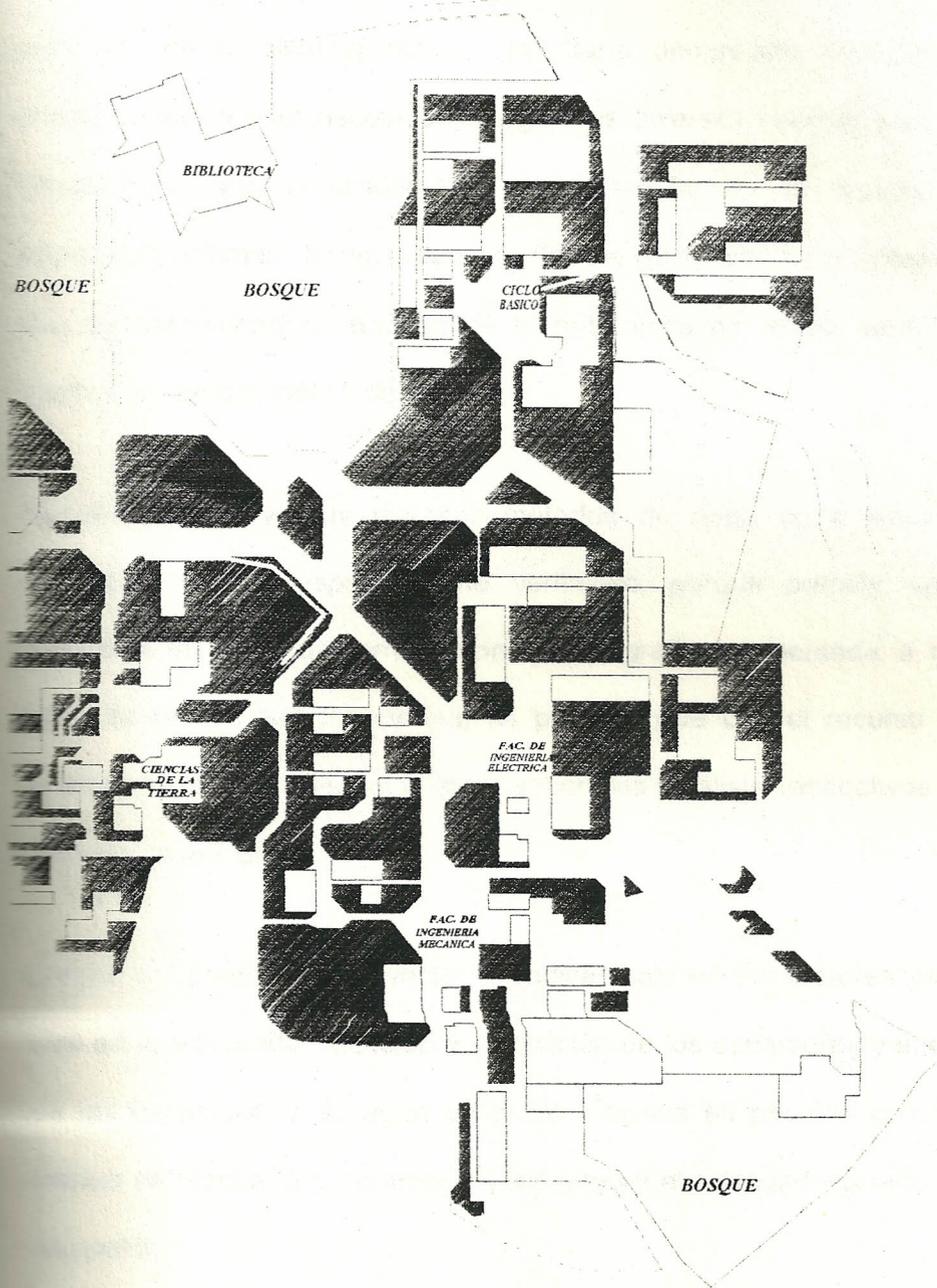


Gráfico 1.1 nivel del lago ESPOL

En el análisis de consumo de agua presentado este trabajo más adelante, se determinará si es conveniente o no regar con el LAGO del CAMPUS.



<b>ESPOL</b>		<b>GRAFICO 1.1</b>
DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS		DISEÑADO POR: LETTY POZO PAREDES REVISADO: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: 10/24/96

Suministrar agua al Campus parcialmente sembrado ( ver gráfico 1.2) es ya una tarea costosa y que demanda mucho tiempo, es de suponer que a las áreas verdes de la ESPOL puestas en su totalidad, como lo muestra el gráfico 1.2, regadas con el sistema actual resultaría demasiado elevado el costo. En consecuencia a esta necesidad, surgen las diversas alternativas que todos los sistemas de riego conocidos nos dan. Estas formas de regadío nos permiten aportar un volumen de agua llamada "dosis de riego" \* , a intervalos de tiempo que se determinan en función de la naturaleza del suelo de manera que las plantas no tengan déficit de agua.

Existen muchos y muy diversos métodos de riego entre estos el riego por aspersión que es especialmente ventajoso, porque permite aplicar el agua necesaria aún con un terreno con la topografía accidentada e irregular como presenta el Campus Prosperina, es por ello que con el recurso del agua que tenemos disponible desde el lago y con los análisis respectivos regaremos el Campus de la ESPOL.

El éxito del diseño del proyecto no radica solo en los factores ya mencionados sino en la adecuada selección y colocación de los aspersores y el correcto cálculo de las necesidades de agua de suelo - cultivo es por ello que en el presente trabajo se resalta la programación del riego y el adecuado diseño del sistema de aspersión.

\* *Dosis de Riego*: Cantidad de agua que se aplica en cada riego, determinada a partir de los requerimientos hídricos de los cultivos.

## CAPITULO II

### CARACTERÍSTICAS Y NECESIDADES AGRÍCOLAS DE PASTOS Y FORRAJES

#### 2.1. Los forrajes Generalidades:

Las gramíneas pueden tener usos variados, como pastos ( para pastar el ganado ), o como forrajes ( Para preservar el suelo de la erosión ).

Se ha determinado por estudios de Duley y Kelley que el efecto de los forrajes sobre el escurrimiento y la erosión está directamente relacionado con el tipo y la intensidad de la cubierta vegetal. Ellos comprobaron una intensidad de escurrimiento de 3.3 cm/h, mientras que en un pasto excelente, fuertemente fertilizado, pastado moderadamente, pero segado, la pérdida por escurrimiento fue menor de 0.2 cm/h. (2).

Para erosionar 2.5 cm. Del espesor del suelo sembrado de pasto azul se necesita aproximadamente, 7500 años. Por el contrario la pérdida de 248 toneladas de suelo por hectárea con cultivo continuo de maíz, sólo necesitará 1.5 años para arrastrar 2.5 cm. de espesor del suelo mediante la erosión. Las lluvias de mayor intensidad que ocurren en los meses de enero, febrero, marzo, época en que las cosechas sembradas en líneas quedan vulnerables a la erosión. Mientras que los suelos que tienen forrajes tienen protección todo el año ( 2).

## 2.2. Los forrajes y la conservación del suelo

La fertilidad del suelo, su conservación, la erosión, la permeabilidad del suelo, son factores que están íntimamente relacionados. No puede existir un ecosistema equilibrado si estos factores no se conjugan bien.

Una agricultura segura es aquella en la que año tras año existe la posibilidad de producir eficazmente. Mas de la mitad de la superficie total de la tierra está dedicada a la producción de pastos, debido a que de modo general en la actualidad se acepta que gracias a las gramíneas y leguminosa, los suelos mejoran sus características productivas. Pero la producción de estas cuyo, principal objetivo es el de alimentar ganado, goza de los siguientes beneficios :

- \* Cubre el terreno para protegerlo de los factores del clima
- \* Enriquece el suelo e incrementa el rendimiento de las cosechas que le siguen
- \* Eleva la calidad de los alimentos, puesto que renueva los nutrientes del suelo
- \* Evita la erosión en terrenos.

Son tantas las bondades que se obtienen con la producción de especies forrajeras que los forrajes se han convertido en toda una ciencia de la agricultura ganadera.

Pero la tarea que ocupa este trabajo no es la de el uso de gramíneas para alimentar el ganado, cosa que podría suceder en lo posterior con la creación de la carrera de *ingeniería en agropecuaria*, sino la de el uso de éstas como forrajes para preservar el suelo, veamos los beneficios que traerá al suelo:

a) **Cobertura vegetal:** Al poner forrajes se trata de formar una cubierta vegetal que determine grandes rendimientos del suelo evitando su empobrecimiento de nutrientes, esto constituye uno de los método más económicos par preservar los nutrientes que tiene el suelo y favorecer siembras posteriores.

b) **Mejor drenaje del suelo:** Las raíces fibrosas del césped hacen más permeable la capa arable, aumentando la infiltración de agua del suelo.

c) **Mayor protección del suelo :** En los terrenos no forestales la combinaciones no adaptadas de gramíneas y leguminosas, proporcionan la máxima protección a los suelos, en las tierras en pendientes y erosionables. Los forrajes comparados con las plantas cultivadas han demostrado tener una eficacia mayor. La eficacia varía con el tipo de suelo y la cuantía de la precipitación.

"Los forrajes que crecen densos protegen la superficie del suelo contra la caída que produce la lluvia. Se ha comprobado que la energía de un centímetro de lluvia al caer sobre la superficie del suelo puede ser mayor

de 275 000 kg - m / ha. Esta energía puede ser suficiente para elevar 30 cm. de espesor del suelo. Cuando se labran las raíces de las gramíneas para la producción de una cosecha de escarda, proporcionan protección a la superficie del suelo reteniendo y uniendo la partículas del mismo y aumentando la infiltración" (2)..

### 2.3. Pastos - generalidades

El éxito en un nuevo pastizal depende de la correcta realización de las operaciones de preparación del suelo, arada, nivelada. En lugares donde no es factible la introducción de maquinaria, es conveniente eliminar toda clase de vegetación incluyendo arbustos y mas hierbas indeseables llamadas malezas.

La siembra de Pastos puede hacerse con semillas o con material vegetativo (Cepas, tallos o rizomas) dependiendo esto del tipo de pasto. En nuestro medio generalmente se utiliza material vegetativo debido a que la mayoría de las especies forrajeras son autoestériles y las semillas producidas no germinan. Cabe anotar que las especies forrajeras comunes de los climas húmedos no son iguales a la de los climas secos.

**Las distancias entre siembra ;** Varían de 0.30 -1.00 m. Dependiendo del tipo de pasto; Para pastos que tienen alto crecimiento se aconseja distancias hasta de 1 m. Para aquellos de pastoreo directo que emiten "**estolones**"

(Tallos rastreros en todas direcciones, tratando de cubrir la mayor cantidad de superficie del suelo).

Se aconseja es la siembra a distancias entre 0.3 y 0.6 m.; con estas separaciones se obtiene un rápido cubrimiento del suelo.

**La siembra puede hacerse en hileras ;** Es lo más conveniente para la eliminación de malezas. En la zona tropical Ecuatoriana, cualquier época es buena para la siembra de pastos si en ella se dispone de riego; en caso contrario la mejor época para la siembra es la entrada de la estación lluviosa (Enero o Febrero); de esta manera se garantiza suficiente humedad del suelo y el establecimiento rápido de las plantas. La mayoría de estas especies pueden ser consideradas como introducidas, debido a que no son originarias de nuestro país. Una de estas especies es la del pasto sembrado en el *Campus Prosperina "Gustavo Galindo" de la ESPOL*, césped que según sus características, se determinó que es la de la gramínea llamada "*Paspalum notatum*" Fluegge (Bermuda de la costa) (3).

#### 2.4. Crecimiento vegetativo de los pastos

Para sembrar grandes extensiones es aconsejable hacer un semillero propio con una extensión de 1 ó 2 hectáreas se considera que 1 ha. De pastos puede proporcionar material para 12 ó 15 Ha.. La variedad de Pasto a sembrarse debe seleccionarse de acuerdo a la topografía del

terreno, ya sean altos, bajos, anegadizos, húmedos, áridos, ácidos, planos u ondulados (4).

Las etapas de desarrollo vegetativo de un cultivo determinado , es la más importante para determinar los periodos críticos de requerimientos hídricos del cultivo. Se reconocen 3 etapas bien definidas, que son :

**Etapas inicial :** abarca la germinación y el período inicial de crecimiento, cuando la superficie del suelo, está casi totalmente desprovista de vegetación, es decir que la cobertura vegetal es inferior a al 10 %. El valor de Kc depende de la frecuencia con la que se aplica agua al suelo.

**Etapas de desarrollo vegetativo :** Comprende desde el final del periodo inicial hasta la cobertura completa efectiva de la superficie del suelo , el valor de Kc se acerca al máximo valor y la cobertura vegetal oscila entre 70 % y 80 % .

## **2.5. Pastos tropicales.**

En la tabla 2.1 se presenta el resultado de un estudio hecho aquí en el Ecuador por el Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias llevadas a cabo en la estación tropical Pichilingue a lo largo de un periodo de 5 años; En esta tabla se muestran; Los nombres de la diferentes gramíneas leguminosas, sus nombres botánicos y comunés, la longevidad y el tipo de pasto ( matoso, erisomático), su valoración y el uso que se le da.

TABLA 2.1  
PASTOS DE LA COSTA

NOMBRE	Longevidad	Hábito	Valoración	Uso
<i>Axonopus Scoparius</i> (Fluegge) Imperial	P	M	MB	Pa
<i>Axonopus micay</i> (Fluegge) Hitch micay	P	M	B	Pa
<i>Bouteloua gracilis</i> H.B.K Bouteloua azul	P	M	R	Pa
<i>Bouteloua gracilis</i> H.B.K Bouteloua	P	M	R	Pa
<i>Brachiaria ruzienzis</i> Brachiaria	P	M	MB	Pa
<i>Choloris gayana</i> Kunt Rhodes	P	M	MB	Pa
<i>Coix lagrime</i> lagrimas de San Pedro	A	M	R	Pa
<i>Cynodondactylon</i> Bermuda de la costa	P	E	MB	Pa
<i>Cynodondactylon</i> Prs Bermuda	P	E	R	Pa
<i>Digitaria decumbens</i> Pangola	P	E	MB	Pa
<i>Paspalum notatum</i> Bahia	P	E	R	Pa
Nota: Tomado de "manual para el manejo de Pastos Tropical Estación de Pichilingue				
P= perenne				
E = Erizomático				
M = Matoso				
MB = Muy buena				
Pa = Pastoreo				

**2.5.1. Características del Bermuda de la costa :** El pasto bermuda de la costa es un producto de las variedades Tifty Bermuda común; su desarrollo se debe al Dr. Burtón de Georgia en los EE.UU. Se trata de una planta perenne de crecimiento bajo y frondoso, que produce estolones y rizomas. Sus hojas son suaves y flexibles insertadas sobre tallos erectos. Su abundante sistema radicular lo coloca en un lugar predominante para aguantar periodos secos; se trata de suelos francos desde el nivel del mar hasta 1800 m.

Puede propagarse por medio de estolones y cepas plantadas en surcos plantadas a 30 cm. O al voleo en el suelo bien preparado, cubriéndolo luego con una rastra ligera ; para una hectárea se requieren de 50 - 60 sacos de material vegetativo. Dos motivos diferentes - actuando, sin duda de manera conjunta, pueden suministrar una explicación a estos fenómenos. Las primeras espigas formadas distorsionan la alimentación de la planta, al mismo tiempo que su mutua competencia impide la evolución de los tallos secundarios o de las yemas que estaban a punto de hacerlo.

**2.5.2. Ciclo Vegetativo :** Las primeras espigas formadas distorsionan la alimentación de la planta, al mismo tiempo que su mutua competencia impide la evolución de los tallos secundarios o de las yemas que estaban a punto de hacerlo.

- Es probable que las espigas formadas motiven el bloqueo hormonal de las yemas aún no brotadas, y de los tallos desarrollados insuficientemente. En la práctica, el espigado se limita a la planta madre y a algunos hijos. Esta fase corresponde a una parada completa con respecto a las hojas y raíces, desarrollándose exclusivamente aquellos tallos portadores de inflorescencias. Puesto que las gramíneas forrajeras son más exigentes que los cereales en lo que refiere a integrales térmicas, para que pueda verificarse el encañado habrá que sembrar pronto si se quiere obtener semillas. Por este motivo, se aconseja sembrar el dactilo antes del 15 de Agosto si se desea cultivar para tener semillas el año siguiente.

Conviene señalar que, en las gramíneas, esta fase sucede relativamente pronto, estando esbozadas ya las espigas desde el final del invierno. Es decir, alcanzan su finalidad primordial muy pronto, al constituir las espigas: entonces, el cometido de los órganos foliares ya ha terminado. La hierba se reduce en ese entonces a su mínima expresión; solo algunas hojas, más o menos marchitas, cubren insuficientemente el suelo durante la formación de los granos. Solo mucho más tarde, en otoño, la pradera conocerá una recuperación en su actividad, rebrotando de nuevo la vegetación verde, si bien con menos exuberancia que en la primavera.

## CAPITULO III

### CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

#### 3.1. Suelos - Generalidades

El suelo agrícola en cuanto a sede de la vida vegetal es de fundamental importancia para el buen desarrollo de las plantas. Entre las principales funciones tenemos :

- \* Permite a las raíces de la planta fijarse en él
- \* Constituye la reserva alimenticia del vegetal
- \* Retienen el agua
- \* Permite vivir a numeroso microorganismos, que contribuyen eficazmente a las numerosas transformaciones bioquímicas que abastecen de alimento a la planta.

#### 3.2. Propiedades Físicas De Los Suelos.

Las propiedades físicas del suelo influyen directamente sobre la fertilidad de éste y permite conocer :

- \* La frescura del suelo, esto es, su comportamiento respecto al agua.
- \* La temperatura del suelo
- \* La resistencia que este opone a la mecanización.

Entre las propiedades físicas del suelo tenemos :

**Higroscopicidad** ; es la propiedad de condensar el vapor de agua contenido en el aire , por parte de las partículas del suelo (5) .

**Capacidad de campo** ; es la cantidad de agua que puede almacenar el suelo después de haber drenado (5).

**Permeabilidad** ; es la velocidad de infiltración de agua en el suelo, ésta es mayor en suelos arenosos y menor en los arcillosos (5).

Capilaridad es la propiedad que tiene el suelo para permitir el paso del agua desde lo más profundo hasta la superficie (5).

**Desecabilidad** ; propiedad que tiene el terreno para perder agua por evaporación está estrechamente ligado a su porosidad y permeabilidad, es máxima en terrenos arenosos y mínima en los arcillosos (5).

**Temperatura** ; depende de los rayos solares y de la textura del suelo, la cantidad de absorción de calor del suelo es mayor en suelos arenosos (5).

**Tenacidad** ; es la resistencia que opone el suelo al laboreo, depende de la fuerza de cohesión de las partículas entre sí (5). En el presente trabajo se anexa el resultado del análisis del suelo del Campus, resultado que se usará posteriormente.

### 3.3. Clasificación de los suelos

Las *clases de suelo* están determinadas según el porcentaje de diferentes materiales que lo componen , como por ejemplo arena y el diámetro de las partículas.

**TABLA 3.1**  
**TEXTURA DEL SUELO**

SEPARADOS	DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA (MM)
Arena muy gruesa	2.0 - 1.0
Arena gruesa	1.0 - 0.5
Arena mediana	0.5 - 0.25
Arena fina	0.25 - .010
Arena muy fina	0.10 - 0.05
Limo - Sedimento	0.05 - 0.002
Arcilla - Greda	menos de 0.002

Fuente : Enrique Blair ; "Manual De Riegos Y Advenimientos" ; O.E.A. ; Lima - Perú. ; 1986

Para ciertas determinaciones, a veces se requiere practicar una fina distinción en las texturas, según determinaciones a base de análisis FÍSICO en el laboratorio, como se muestra en el **anexo # 1**, en este anexo se muestra el análisis físico hecho al suelo, datos que tomaremos luego para los posteriores cálculos de resultados.

Existe una clasificación de partículas de sólidos dadas por KOPECKY y la asociación Internacional de suelos (1926). Los suelos toman su nombre según el tamaño de la porción de sus partículas que los constituye según el triángulo del FIGURA # 3.1 de este triángulo se desprende la clasificación de la tabla # 3.2 . De esta tabla se observa por ejemplo el suelo limoso el cual consta demás de un 80 % de limo, menos del 20 % de arena y menos del 12% de arcilla (6).

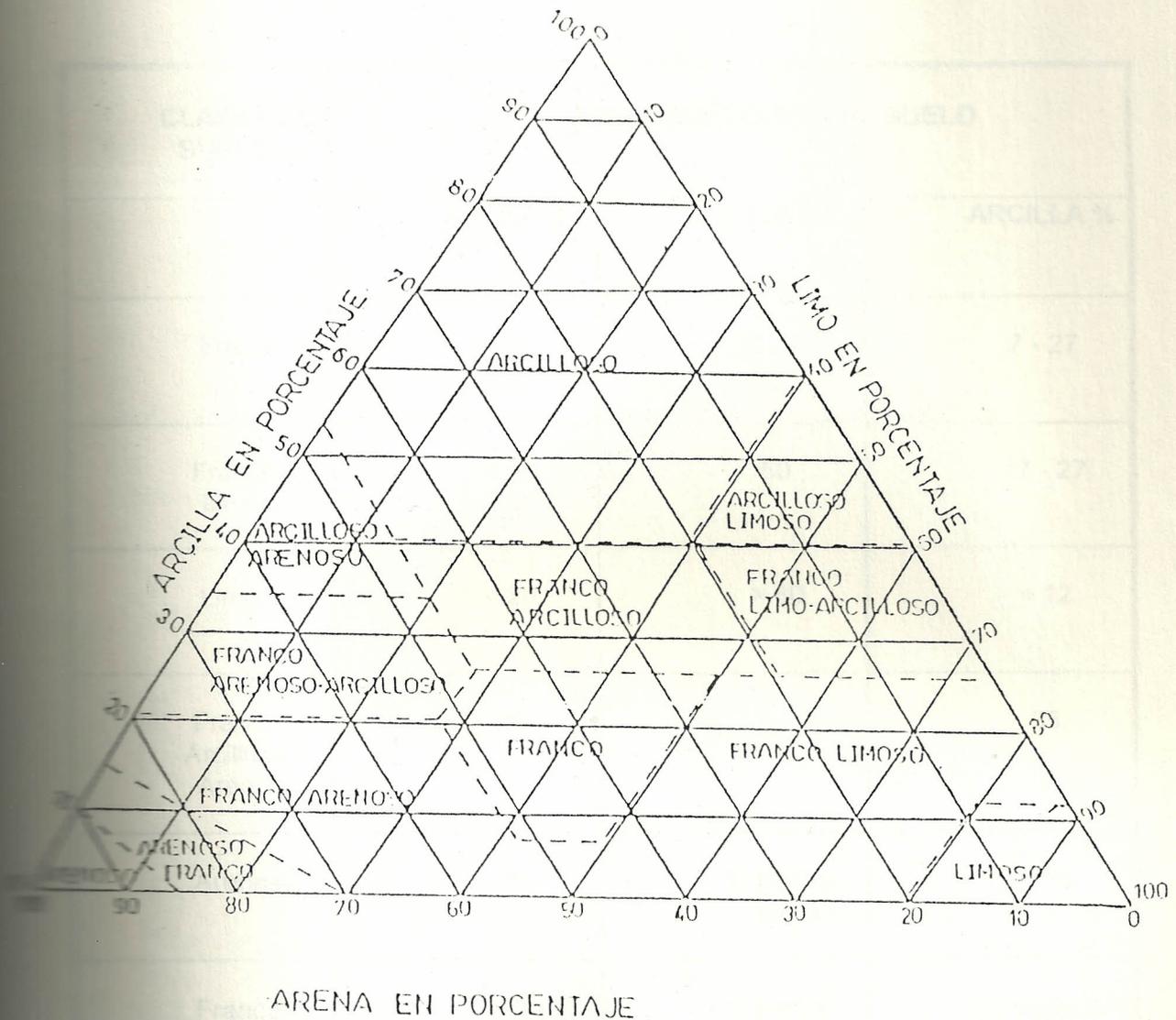
Para el riego es muy importante la capacidad de retención del agua del suelo, y dependiendo de la textura vemos que :

***Suelos arenosos o textura gruesa :***

- Contienen partículas gruesas
- Poros de tamaño grande
- Drenan con facilidad
- Capacidad baja de retención de agua disponible en el suelo.

FIGURA 3.1

## TRIANGULO DE CONSTITUCIÓN DE LOS SUELOS



Con el % de textura de suelo ( arena, limo, arcilla) se entra en el triángulo y se determina el tipo de estructura.

Referencia : Manual de Constitución de los suelo F.A.O

TABLA 3.2

## ESTRUCTURA DEL SUELO

CLASES DE SUELO	PROPORCIONES EN EL SUELO		
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %
Franco	< 52	28 - 50	7 - 27
Franco - limoso	< 50	50	17 - 27
Limoso	< 20	> 80	< 12
Franco - Arcilloso - Arenoso	45	—	35
Arenoso	85	½ partes arcilla	< 15
Franco - arenoso	52	2 partes arcilla	20 < arcilla < 30

Referencia : Enrique Blair ; "Manual De Riegos Y Advenimientos" ;

O.E.A. ; Lima Perú. 1986

- \* Cantidad de agua que requiere para alcanzar la C.C 80 lt. /m<sup>3</sup>

#### ***Suelos de textura media***

- \* Contienen partículas pequeñas, medianas y gruesas
- \* Poros de tamaño pequeño y mediano
- \* Almacenan mayor cantidad de agua que los de textura arenosa
- \* Capacidad de retención de agua mayor.
- \* Cantidad de agua que requiere para alcanzar la C.C 140 lt. /m<sup>3</sup>

#### ***Suelos de textura fina ó arcillosa***

- \* Contienen partículas muchas pequeñas
- \* Gran cantidad Poros de tamaño pequeño
- \* Almacenan mucha cantidad de agua
- \* Capacidad de retención de agua elevada
- \* Cantidad de agua que requiere para alcanzar la C.C 200 lt. /m<sup>3</sup>.

### **3.4. Disponibilidad de agua en el suelo**

El suelo es un lugar de almacenamiento de agua la cual puede ser extraída por las plantas para su crecimiento. Los espacios existentes entre las partículas adyacentes del suelo, sirven de pasaje al agua que penetra en el

suelo. Cuando el suelo se riega con grandes cantidades de agua y se llenan todos los espacios porosos, este alcanza su saturación ; sin embargo parte de esta agua drena por debajo de la zona de las raíces, a través poros interconectados de mayor tamaño, parte de esta agua está disponible para el uso de la planta. En la variación del agua del suelo es posible distinguir las siguientes fases :

- \* **Suelo saturado** ; Cuando el suelo se riega en grandes cantidades de agua y se llenan todos los espacios porosos, este alcanza su punto de **saturación** en el que parte del agua drena por debajo de la zona de las raíces, a través de poros interconectados de mayor tamaño, parte de esta agua está disponible para el uso de la planta (7).
- \* **Capacidad de campo ( C.C )** : Es la cantidad de agua que el suelo retiene después que los espacios porosos mayores han drenado (7).
- \* **Punto de marchitez ( P.M )** : Cuando la cantidad de agua llega a un nivel bajo y las plantas se marchitan pudiendo deshacer (7)

Entre los dos puntos C.C y P.M se encuentra el agua útil para las plantas. Es importante tomar en cuenta estas propiedades antes de planificar el riego.

En la tabla # 3.3 se detalla ciertas propiedades físicas del suelo, y su relación de aplicación de agua con respecto a la tasa de filtración, permeabilidad, peso específico, capacidad de campo y punto de marchitez, conceptos que

TABLA 3.3

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Textura del suelo	Filtración <sup>1</sup> permeab. Cm / hr.	Total esp. porosos % W	Peso espec. Aparente A	Capac. campo Wc	March. perm. % Wm	Humedad total utilizable <sup>2</sup>		
						Peso Seco %	Volumen %	
Franco - Arenoso	2.5 (1.3 - 7.6)	43 (40 - 47)	1.50 (1.4 - 1.6)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	12 (9 - 15)
Arenoso	5 (2.5 - 25.5)	38 (32 - 42)	1.65 (1.55 - 1.80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	8 (7 - 10)
Franco	1.3 (0.8 - 2.0)	47 (43 - 49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	17 (14 - 19)
Franco - Arcilloso	0.8 (0.25 - 1.5)	49 (47 - 51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	19 (17 - 22)
Arcilloso - Arenoso	0.25 (0.03 - 0.5)	51 (49 - 53)	1.30 (1.25 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	21 (18 - 23)
Arcilloso	0.5 (0.01 - 0.1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	23 (20 - 25)

Nota : Los intervalos normales son consignados entre paréntesis

Referencia : Harry Bladney ; "Climate as an index of irrigation needs" U.S.D.A ; YEAR BOOK 1955.

1. Los intervalos de filtración real varían mucho con las características del suelo y su estabilidad estructural,
2. incluso aún mas lo indicado en esta columna
3. La humedad fácilmente utilizable representa un 75 % de la totalmente aprovechable.

como lo veremos más adelante están íntimamente relacionados con los posteriores análisis de frecuencia de riego, capacidad del sistema de riego, etc. Por lo tanto la ecuación que determina la cantidad de agua disponible en el suelo para la planta  $S_a$  es :

$$C.C - P.M. = S_a \quad (3.1)$$

En la siguiente tabla se presentan ciertos resultados de análisis anteriores, entre éstos tenemos la *infiltración del suelo*, que es una medida de la rapidez con que el suelo absorbe el agua que se aplica sobre él.

## CAPITULO IV

### REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS PASTIZALES

#### 4.1. Requisitos de irrigación

El objetivo al implementar un sistema de riego es el de mantener una disponibilidad permanente y constante de agua para el cultivo, dentro del rango permisible para la planta. El riego no es una práctica moderna, todo lo contrario se ha aplicado desde la antigüedad y a medida que la tecnología a avanzado en busca de soluciones se ha comenzado implementando el riego técnico, sistematizado, orientado al ahorro de mano de obra, de agua, de tiempo, y de dinero.

Los sistemas de irrigación generalmente no cubren en un 100 % los requisitos hídricos del suelo - planta, para una máxima producción de las cosechas, sin embargo cabe anotar que con la consideración de ;

- \* Los factores físicos del suelo ( textura, filtración, percolación, lixiviación, evaporación )
- \* Los requerimientos hídricos del cultivo ( evapotranspiración), y
- \* Un correcto balance hídrico. Podremos determinar con un excelente resultado la eficiencia de riego.

El balance hídrico ó ciclo hidrológico de las plantas es una función de los factores físicos del suelo, estudiados en el capítulo anterior, en el **gráfico 4.1**, se esquematiza todos los fenómenos físicos y biológicos que intervienen en el desarrollo de este ciclo. Estos fenómenos pueden presentarse en 4 grandes grupos : R agua de riego, Precipitación (  $Pe$  ), Evapotranspiración (  $ET$  ), Infiltración (  $I$  ) y Escorrentías (  $S$  ). Esta figura demuestra el balance hídrico que existe.

$$Pe + R = ET + S + I$$

**GRAFICO 4.1**

**BALANCE HÍDRICO DEL SUELO**



Nota : Este balance nos ayudará a saber cuanta agua aplicar en cada riego.

**Referencia :** Hansen, Vaughn. ; "Principios Y Aplicaciones Del Riego", Utah, Octubre 1972.

**4.1.1. Evapotranspiración :** La Evapotranspiración es un fenómeno en el que intervienen dos efectos físicos, producto de la temperatura y transpiración.

*Evaporación* ; es el fenómeno mediante el cual el agua del suelo pasa a la atmósfera en forma de vapor, que a su vez está relacionada con la temperatura, la velocidad del viento, la presión atmosférica y el grado de salinidad del agua (7).

*La transpiración* ; Es el proceso de emisión del agua a través de las hojas de las plantas. Este proceso es afectado por los mismos factores que afectan a la evaporación y también por la cantidad de luz solar disponible y por la densidad de cobertura vegetal. Por lo tanto el concepto de *evapotranspiración* involucra los fenómenos de evaporación y transpiración de manera conjunta, ha sido introducido debido a la dificultad que existe para separar con precisión los dos valores y por la conveniencia de usar este concepto que representa el consumo de agua en una plantación dada (7).

El conocer la evapotranspiración de varios cultivos ayuda a determinar que se puede plantar, cuando se debe regar y cuanta agua se debe aplicar en cada riego. Varios métodos han sido propuestos para calcular la evapotranspiración o consumo de agua en una localidad dada. Estos métodos y sus fórmulas correspondientes están principalmente basadas en datos meteorológicos, tomando la temperatura como factor principal. Aún cuando se reconoce que estos métodos no son rigurosamente exactos los valores

aproximados que es posible calcular con ellos y la relativa facilidad con que pueden obtenerse los datos básicos necesarios para el cálculo, hacen de dichos métodos un instrumento muy útil. Entre los métodos más conocidos para el cálculo de la evapotranspiración se pueden citar ;

Método	Condiciones	Condic. Localitas
Blaney - Criddle	* Método de Thornthwaite	0
Radiación	* Blaney Criddle	0
Cubeta	* Método de la Radiación	0
Penman	* Método de Penman	0

\* Método del Evaporímetro de Cubeta

Uno de los métodos más usados y el que más se adapta a la cantidad de datos obtenidos en este documento es el de Blaney Criddle. En la **tabla 4.1** muestra los datos requeridos por cada método.

TABLA 4.1

## DATOS MÍNIMOS QUE SE REQUIEREN PARA CADA MÉTODO

Método	Temp.	Humedad	Viento	Insolación	Radiación	Evapora- ción	Cond. Locales
Blaney - Criddle	*	0	0	0			0
Radiación	*	0	0	*	(*)		0
Penman	*	*	*	*	(*)		0
Cubeta		0	0			*	*
Thornth waite	*			*			

- Datos medidos ;
- 0 Datos estimados ;
- (\*) Cuando puede disponerse de ellos, pero no son indispensables.

Referencia: Blaney, Harry F ; "Metodología del riego" ; doc. # 2524 año 1950.

#### 4.2. Evapotranspiración Referencial Eto ( Método de Criddle)

La ecuación de Blaney Criddle es uno de los métodos mas ampliamente utilizados para calcular las necesidades de agua del cultivo. Se sugiere una adaptación de este método para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia, Eto, en aquellas zonas en las que solamente se disponga de datos medidos sobre la temperatura del medio ambiente.

El método de Blaney - Criddle recurre a la temperatura, ( $t$ ), Ver anexo 1 datos tomados en la estación meteorológica del aeropuerto "Simón Bolívar" y al porcentaje de horas diurnas de insolación ( $p$ ) ( TABLA 4.2), como variables climáticas para predecir los efectos del clima sobre la evapotranspiración. Esto recibe el nombre de "**factor de uso consuntivo**",  $f$  (7). En el que debido a ello se aplica un coeficiente de uso consuntivo empíricamente determinado ( $K$ ) para obtener las necesidades de consumo de agua. Estas necesidades se definen como "la cantidad de agua potencialmente necesaria para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de unas zonas vegetativas" (7). De modo tal que la producción vegetal no quede limitada por falta de agua.

La pérdida de humedad por evaporación superficial, utilización de la planta y transpiración por el follaje, se denomina "**uso consuntivo**" (7). Su cantidad está determinada principalmente por los factores climatológicos. por lo tanto al calcular las necesidades de agua para el riego no hay que tener en cuenta el uso consuntivo, sino también la "**Eficiencia de riego** (TABLA 4.3)..

TABLA 4.2

PORCENTAJE DE HORAS DE INSOLACIÓN P

Latitud Norte Latitud Sur ( ° )	Enero Julio	Feb. Ag.	Marzo Sept.	Abril Oct.	Mayo Nov.	Junio Dic.	Julio Enero	Ag. Feb.	Sept. Marzo	Oct. Abril	Nov. Mayo	Dic. Junio
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

p = % de horas de insolación, ( El Ecuador está ubicado a 3 grados de latitud Sur)

Referencia : Enrique Blair ; Necesidades de agua de los cultivo ; Manual de la F.A.O 1970

TABLA 4.3

## EFICIENCIA DEL RIEGO EN DIFERENTES CLIMAS

CLIMAS	EFICACIA DEL RIEGO EN PORCENTAJE
FRESCOS	80
MODERADOS	75
CALIENTE	70
DESÉRTICO	65

Referencia : Enrique Blair ; Necesidades de agua de los cultivo ;Manual de la F.A.O 1970

**Relaciones recomendadas :** El factor de Blaney Criddle  $f$  en mm. se expresa como sigue:

$$f = 25.4(p \times t) / 100 ; \quad t (^\circ\text{F})$$

$$f = p (0.46 t + 8.13); \quad t (^\circ\text{C}) \quad (4.2)$$

- \* Donde  $t$  es el promedio de las temperaturas máxima y mínima mensuales del medio, en el año 1995 (ANEXO 1).
- \* **Y  $p$  el porcentaje diario medido de horas diurnas anuales**, Este valor tiene relación con un mes y una latitud dados (ver tabla 4.2). El factor  $f$  se expresa en mm. diarios y representa un promedio mensual. En el gráfico 4.2 encontramos las curvas usadas para determinar los valores del  $E_{to}$ . El valor de  $f$  calculado previamente, dado en el **eje de las X** y el de la  **$E_{to}$**  en el **eje de las Y**. La gráfica en mención corresponde a valores :
  - \* Humedad relativa diurna (**RH**) alta > 50 %
  - \* Niveles insolación (**n/N**) entre 0.6 y 0.8
  - \* Velocidad del viento entre 2-5 m/s.

Los valores obtenidos con el **gráfico 4.2** para la  **$E_{to}$**  se presentan en la **tabla 4.4**. Estos valores servirán para determinar la evapotranspiración del césped .

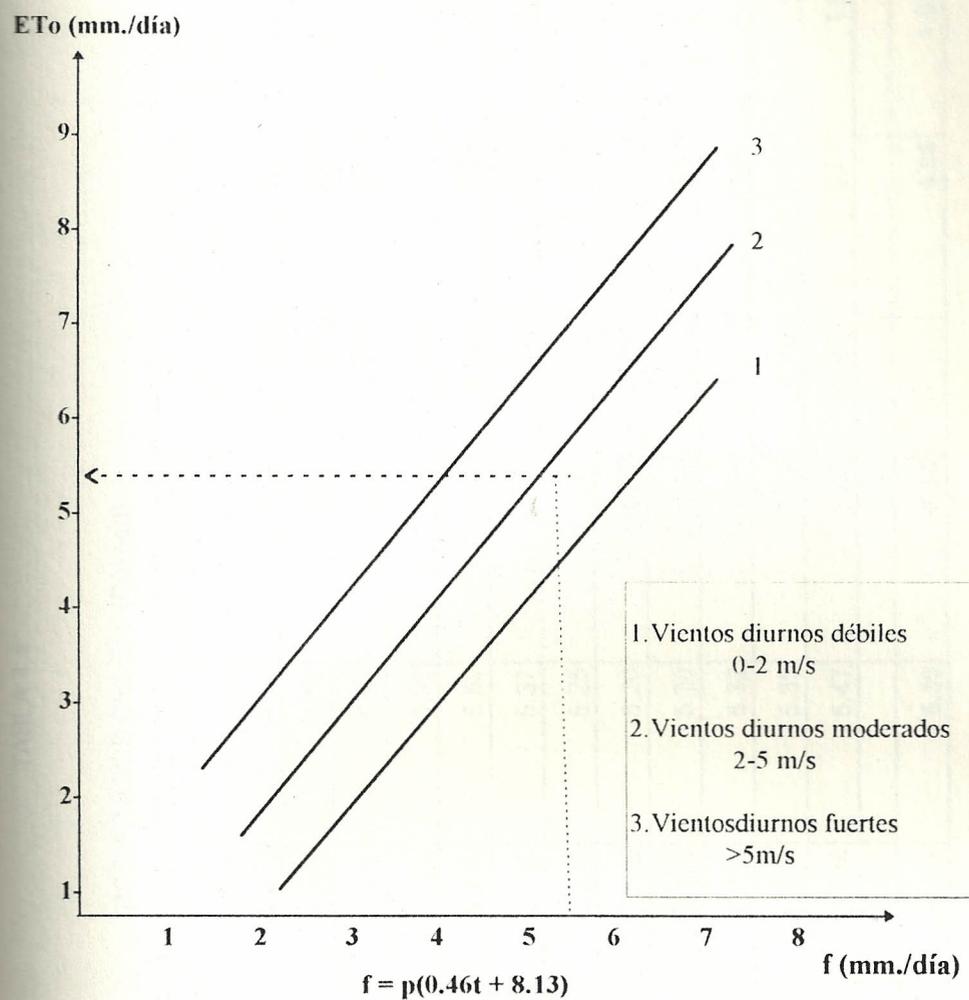
CALCULO DEL  $ET_0$ 

GRAFICO 4.2:

Predicción de la  $ET_0$  a partir del factor  $f$  de Blaney - Criddle, para diferentes condiciones de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos.

**Referencia:** Estudio De La F.A.O Riego Y Drenaje ; "Las Necesidades De Agua De Los Cultivos" ; 1975.

TABLA 4.4

RESULTADOS DEL Etc (Césped)

MES	TEMP. (*C)	P( Porcent.)	f (mm. /día)	ETo(mm./día)	Kc		ET (mm./día)	Kc
					medio	medio		
* ENERO	26.40	0.274	5.56	5.39	0.950		5.12	1.05
* FEBRERO	26.50	0.274	5.57	5.41	0.950		5.13	1.05
* MARZO	27.20	0.270	5.57	5.41	0.950		5.14	1.05
ABRIL	27.30	0.270	5.90	5.85	0.950		5.55	1.05
MAYO	26.60	0.270	5.50	5.31	0.950		5.05	1.05
JUNIO	25.60	0.270	5.37	5.15	0.950		4.89	1.05
JULIO	24.60	0.270	5.25	4.98	0.950		4.73	1.05
AGOSTO	24.20	0.270	5.20	4.92	0.950		4.67	1.05
SEPTIEMBRE	24.20	0.270	5.20	4.92	0.950		4.67	1.05
OCTUBRE	24.50	0.274	5.32	5.07	0.950		4.82	1.05
NOVIEMBRE	24.80	0.274	5.35	5.12	0.950		4.86	1.05
* DICIEMBRE	25.70	0.274	5.47	5.27	0.950		5.01	1.05
PROM.ANUAL	<b>25.23</b>		<b>5.39</b>	<b>5.16</b>			<b>4.96</b>	<b>1.050</b>

\* Los meses marcados con asterisco son meses en los existen lluvias y por lo tanto el riego es opcional.

Referencia: TEMPERATURAS TOMADAS DE DATOS AEROPUERTO " SIMON BOLIVAR"  
AÑO 1995 ANEXO 1 .

### 4.3. Evapotranspiración Del Cultivo ( Et del Césped )

La Etc representa la tasa de evapotranspiración de un cultivo libre de enfermedades, que crece en un campo extenso (con una ó más hectáreas), en condiciones óptimas de suelo, incluidas una fertilidad y agua suficientes en que se llega al potencial de plena producción con arreglo del medio vegetativo dado. El efecto de las características del cultivo sobre las necesidades de agua viene dado por Kc denominado coeficiente de cultivo ( Kc) de donde :

$$Etc = Kc \times Eto \quad (4.3)$$

**4.3.1. Elección del coeficiente de cultivo Kc:** El método de Blaney Criddle arriba descrito ayuda a predecir los efectos del clima en la evapotranspiración del cultivo de referencia, Eto. Existe un valor, el cual da como referencia los efectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua, denominado Coeficiente de Cultivo( Kc), con el objeto de relacionar la Eto con la evapotranspiración del cultivo ET(cultivo).

$$ET(\text{cultivo}) = Kc \times Eto \quad (4.4)$$

El valor Kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos.

Para la determinación del  $K_c$  se toman en cuenta las características del cultivo, el momento de plantación o siembra, y las fases de desarrollo vegetativo, también hay que tomar en cuenta las condiciones climáticas generales, El viento, la humedad, y la temperatura del medio son los factores que más influyen en la tasa de transpiración debido al grado de turbulencia del aire sobre la superficie sombreada por el cultivo. Por otra parte, la tasa de transpiración es mas alta cuando los vientos son secos, en comparación con los húmedos.

En el caso nuestro de cultivos extensivos como el del Césped Bermuda de la Costa, una buena aproximación para determinar el  $K_c$  es usar la gráfico 4.3 en función del  $E_{to}$  (durante la fase inicial, donde más requerimiento de agua hay ) y la frecuencia de riego, como en la ESPOL que el Césped es regado a diario.

**4.3.2. Procedimiento De Calculo:** Determinar luego el  $ET(\text{césped})$ , con la fórmula presentada a continuación;

$$ET (\text{ césped } ) = K_c. X E_{to}. (4.5)$$

Los resultados presentados en la tabla 4.4 determinan la  $ET(\text{césped})$  en un máximo, bajo las condiciones meteorológicas del Campus Prosperina, con un promedio aproximado de 5.605 mm/día, del año 1995.

### DETERMINACIÓN Kc

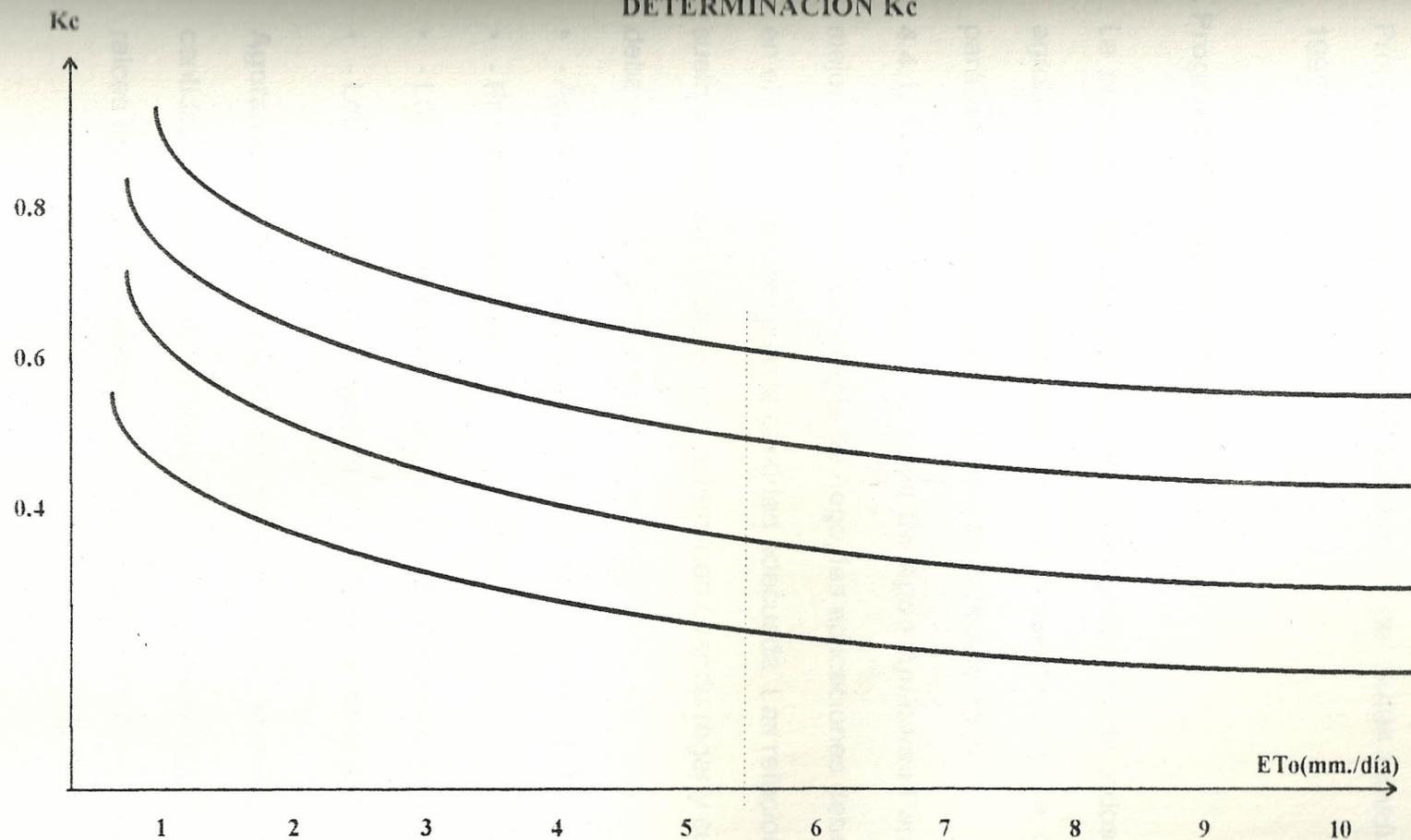


GRAFICO 4.3

Kc medio en la fase inicial, en función del nivel medio de la ETo (durante la fase inicial) y la frecuencia de riego o de lluvias apreciables  
Referencia : Estudio la F.A.O Riego Y Drenaje ; "Las Necesidades Agua De Los Cultivos" ;Año 1975.

Los resultados presentados en la tabla 4.4 determinan la ET(césped) en un máximo, bajo las condiciones meteorológicas del Campus Prosperina, con un promedio aproximado de 5.494 mm/día, del año 1995.

#### 4.4. Programación Agrotécnica Del Riego

La programación agrotécnica del riego hace uso de todos los datos agrotécnicos que hasta aquí se han presentado, y se determinan parámetros para el posterior diseño de la red de riego.

**4.4.1. Agua para Riego : Lámina De Agua Aplicarse** Para hacer un mejor uso de agua disponible de riego, las aplicaciones deben hacerse en el tiempo correcto y en la cantidad adecuada. Las relaciones planta, suelo y clima son factores que determinan cuando regar y cuanta agua deba aplicarse al suelo y estas relaciones son ;

- \* - Agotamiento de agua permisible en la zona de raíces "da "
- \* - Frecuencia de riego "i "
- \* - Lámina neta de agua requerida para suplir la deficiencia "dn "
- \* - Lámina bruta de agua necesaria a aplicar en el riego "d "

**Agotamiento de agua permisible en la zona de raíces "da" :** La cantidad de agua que las plantas pueden extraer desde la zona de raíces antes de que afecte su crecimiento se denomina agotamiento

**permisible (7).**

Para calcular el agotamiento permisible de agua, se debe conocer tres características importantes :

- a) La cantidad de retención de agua disponible del suelo por unidad de profundidad **Sa** .

$$Sa = C.C - P.M \quad (4.6)$$

Donde :

**(C.C)** capacidad de campo y

**(P.M)** punto de marchitez.

Estos valores pueden determinarse en laboratorios a través de muestras de campo ; sin embargo, si conocemos la textura y la estructura del suelo, debemos hacer un estimativo de esta cantidad.

En general, para determinar esta cantidad se usan los valores tabulados en la tabla 4.5.

TABLA 4.5

**CANTIDAD DE AGUA QUE EL SUELO  
PUEDE RETENER DE ACUERDO A SU TEXTURA**

TIPO DE SUELO	cantidad de retención de agua disponible (sa)
Suelos de textura gruesa	80 mm / m.
suelo de textura media	140 mm / m.
Los suelos de textura fina	200 mm / m.

**Referencia :** Enrique Blair ; "Curso Internacional De Riego Y Avenamientos" ; Proyecto 39 Programa de Cooperación Técnica ; Lima - Perú AÑO 1979.

- b) **La profundidad de las raíces de los cultivos "D"** , este valor ha sido discutido previamente, dependiendo de condiciones locales tales como nivel freático y obstáculos físicos a la penetración de las raíces, D se puede observar en tablas de estudios realizados previamente (7).

**Caso particular :** El de los pastos cuya profundidad de las raíces, según informe de la F.A.O, varía entre 60 - 100 cm. Pero de las observaciones hechas en el caso del Campus, se determinó que las **raíces alcanzan una profundidades entre 30-35 cm.**

- c) **La fracción del agua disponible en la zona de las raíces "p"**, que puede ser extraída por la planta sin que se afecte su crecimiento y su productividad. Aun cuando el valor de "p" puede variar con el valor de las etapas de crecimiento del cultivo, con las condiciones climáticas, la variedad, la salinidad del suelo y otros factores, se presentan en el agua como un único valor dado para el cultivo (7).

Durante muchos años el valor "p" será alto en condiciones de frío y bajo en condiciones de elevadas temperaturas. Durante muchos años de manera general se ha permitido niveles de agotamiento como lo muestra la tabla 4.6 (7)

**Por tanto el agotamiento del agua permisible en la zona de raíces ó Lámina Neta será :**

$$da = Sa \times D \times p \quad (4.7)$$

$$da = Sa (\% \text{ de Vol.}) \times D$$

**Frecuencia de riego "i"** : El intervalo de riego ó el número de días entre riego, puede ser establecido si podemos estimar el nivel de agotamiento de agua permisible  $da$  y la tasa de uso de agua por el cultivo Etc :

$$i = da / \text{Etc} \quad (4.8)$$

Algunas veces el intervalo de riego no es un número entero de días, en ese caso se puede redondear al número de días más próximo o bien se puede seleccionar un intervalo más corto.

**4.4.2. Gasto óptimo de aplicación del agua :**Una vez que el intervalo de riego ha sido establecido en base al nivel de agotamiento permisible, el uso consuntivo y consideraciones prácticas de otra índole, puede determinarse la lámina neta de agua requerida para suplir la deficiencia :  **$dn = i \times Etc$  (4.9)**

Sin embargo se necesita aplicar una cantidad de agua mayor a esta, para poder compensar todas las ineficiencias de riego. La aplicación de agua a un campo nunca es uniforme, parte del agua puede perderse por las corrientes o también se podría requerir agua adicional para la exiliación de sales.

Si se conoce la cantidad de agua necesaria para la exiliación, esta debe sumarse a  $dn$  .

**Lámina bruta de agua necesaria a aplicar a un riego "d" :**La lámina total ó lámina bruta, es decir la que se debe aplicar en el riego es :

$$d = dn / Ea \text{ (4.10)}$$

TABLA 4.6

**FRACCIÓN DE AGUA DISPONIBLE EN  
LA ZONA DE LAS RAICES**

PROFUNDIDAD DE RAICES	P (%)
30 - 60	35
60 -100	50
>100	65

**Referencia :** Enrique Blair; "Curso Internacional De Riego Y Avenamientos" ; Proyecto 39 Programa de Cooperación Técnica ; Lima Perú AÑO 1979.

TABLA 4.7

**EFICIENCIA DEL RIEGO EN DIFERENTES CLIMAS**

CLIMAS	EFICIENCIA DEL RIEGO (%)
Fresco	80
Moderado	75
Caliente	70
Desértico	65

**Referencia :** Enrique Blair; "Curso Internacional De Riego Y Avenamientos" ; Proyecto 39 Programa de Cooperación Técnica ; Lima Perú AÑO 1979.

$E_a$  = eficiencia de aplicación del riego, (mm / día )

para nuestro caso 70%. (Ver tabla 4.7)

$d_n$  = Gasto óptimo de aplicación de agua.

La duración del riego y el caudal requerido se estiman por la ecuación :

$$q \times t = A \times d \quad (4.11)$$

$q = ( 2.78 \times A \times d ) / t$  ; caudal ; lt / seg.

$t$  = duración del riego ; hr.

$A$  = área a regar ; Ha.

$d$  = Lámina bruta de agua a aplicarse ; mm.

Muchos cultivos muestran un cambio distintivo en el color del follaje, estos cambios que van de un color verde claro a un verde mas oscuro puede ser utilizado por el agricultor para saber cuando regar , como muestra de ello en este trabajo se incluye un análisis experimental con fotos donde se hace un "Stress" al césped de la Prosperina.

**4.4.3 Cálculos ( cantidad, frecuencia y tiempos de riego ) ;** La Cantidad de agua ó lámina bruta a aplicarse las podemos determinar por medio de las fórmulas arriba mencionadas, y con los datos de evapotranspiración, obtenemos los siguientes resultados ;

$$Sa = C.C. - P.M.$$

Datos tomados de ANEXO 1 del análisis "Caracterización Físico - Químico de suelos" :

$$Sa = 21.79 - 12.10$$

$$Sa = \underline{9.69 \% \text{ ó } 140 \text{ mm / mt.}}$$

La Profundidad de las raíces  $D = 30 \text{ cm.}$   $P = 65 \%$

***El agotamiento permisible de agua será:***

$$da = p \times Sa \times D$$

$$da = 140 \text{ mm / mt,} \times 60/100 \times 35/100.$$

$$da = \underline{29.4 \text{ mm.}}$$

***El intervalo de riego :  $i = da / Etc$  (4.8)***

$$i = 29.4 \text{ mm.} / 5.494 \text{ mm/día}$$

$$i = \underline{5.35 \text{ días}}$$

***La lámina neta de agua a aplicarse será :***

$$dn = i \times Etc$$

$$dn = 5 \times 5.494$$

$$dn = 27.47 \text{ mm / día}$$

**Frecuencia de riego debe ser menor que  $i$ , entonces**

$$F = \text{La neta} / \text{ET máx.}$$

$$F = 27.47 / 5.6$$

$$F = 4.9 \text{ DÍAS,}$$

**ENTONCES ESCOGEMOS 4 DÍAS**

**Nota : Estos valores presentados están hechos en base a datos del anexo1 (análisis de suelos y agua)**

TABLA 4.8

## TABLA DE RESULTADOS

## PROGRAMACIÓN AGROTÉCNICA DEL RIEGO.

	VALORES MEDIOS	VALORES MÁXIMOS
ET ( mm / día )	5.494	5.6
Cantidad de retención de agua Sa	9.6 (140 mm / mt.)	9.6 (140 mm / mt.)
Profundidad de raíces D	60 cm.	60 cm.
Agotamiento permisible da = Sa x D XP	29.4 mm.	26.94 mm.
Intervalo de riego i	5 días	4 días
Lámina Neta dn = i x Etc	27.47	27.47

#### 4.5 Calidad De Agua (8).

Nuestro objetivo es definir las principales dificultades relativas a la calidad del agua de riego y no el de profundizar en el tema. Existen cuatro tipos de problemas producidos por la calidad del agua en suelos y cultivos :

- \* Problemas relativos a la salinidad del agua
- \* Problemas relativos a la permeabilidad
- \* Problemas relativos a la toxicidad
- \* Problemas diversos

**Salinidad :** La salinidad del agua se evalúa por su conductividad eléctrica CEa que se expresa en milimhos/cm (mmhos/cm) , o por su contenido en sales Ts, que se expresa en mg/1 ( mmhos/cm x 640= ppm = mg/1 )

En el riego clásico ( de superficie o por aspersión ) la salinidad inferior a CEa = 0.75 mmhos/cm ( Ts = 480 ppm ) no provoca en general ninguna dificultad.

Cuando CEa está comprendido entre 0.75 y 3 m mhos/cm, existen riesgos para numerosos cultivos, lo que necesita un manejo más

cuidadoso. Cuando CEa es superior a 3mmhos/cm , existen grandes dificultades en muchos cultivos.

**Permeabilidad** :La permeabilidad del suelo se reduce cuando el agua lleva algunos constituyentes químicos . Si la permeabilidad es pequeña, es difícil proporcionar al cultivo el agua necesaria. También se puede formar costras y encharcamientos en la superficie con todas sus consecuencias. Este tipo de dificultades se asocian al regar con aguas que tengan :

- \* un contenido de sales muy bajo
- \* un alto contenido de sodio con respecto al calcio y al magnesio (SAR)

Carbonatos y bicarbonatos afectan igualmente la permeabilidad. En general no hay dificultad si CEa está comprendido entre 0.2 y 0.5 y/o el SAR está entre 6 y 9 podemos esperar dificultades. Si CEa es inferior a 0.2 y/o el SAR sobrepasa 9 aparecen riesgos muy serios.

**Toxidad** : Algunos iones solubles, entre ellos el boro, el cloro y el sodio pueden tener, a concentraciones relativamente pequeñas, un efecto tóxico directo en algunos cultivos sensibles. En la absorción radicular no hay problemas si la concentración en boro es inferior a 0.5

ppm, si la de cloro es inferior a 4 meq/1 y si el contenido del sodio es tal que el SAR es inferior a 3.

Los problemas aparecerán si la concentración en boro esta comprendida entre 0,5 y 2 ppm, si la concentración en cloro está comprendida entre 4 y 10 meq/1 y si el contenido en sodio es tal que el SAR está comprendido entre 3 y 9. Por último los problemas graves surgen si la concentración de boro sobrepasa 2ppm, si la de cloro sobre pasa 10 meq/1 y el contenido en sodio es tal que el SAR es mayor a 9.

**Dificultades diversas** : Se clasifican en esta categoría problemas tales como un crecimiento excesivo y un retraso en la madurez debido a un exceso de nitrógeno en el agua y los daños al material provocados por una acidez o alcalinidad excesiva fuera de la gama normal de pH .

Se debe hacer un análisis de los resultados del laboratorio presentado en el anexo 1 y las tolerancias de la tabla 4.9.

TABLA 4.9

**EFFECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SOBRE  
LA SALINIDAD, PERMEABILIDAD Y TOXICIDAD  
DE LOS SUELOS**

		NINGUNO	MODERADO	GRAVE
<b>SALINIDAD</b>	E <sub>cw</sub> (mmhos/cm)	<0.75	0.75-3.0	>3.0
<b>PERMEAB.</b>	E <sub>cw</sub> (mmhos/cm) adjSAR	>0.5	0.5-0.2	<0.2
<b>TOXICIDAD</b>	SODIO (adjSAR)	<3.0	3-9	>9
	CLORURO (adjSAR)	<4	4-10	>10
	BORO (adjSAR)	<0.75	0.75-2	>2

Referencia : Ayers y Westcot ; Informe #29 manual de la F.A.O ; 1976

#### 4.6. CONCLUSIONES PARCIALES

En este capítulo en particular se ha hecho un análisis y revisión de los requerimientos hídricos de del suelo y del cultivo, el caso particular es el césped ***Bermuda de la costa*** y puede concluirse lo siguiente :

Un Ingeniero que trabaja en el área de riego no debe jamás descartar la parte agronómica del suelo y de la planta, pues basado en las características suelo - planta se ha podido encontrar datos correctos e imprescindibles de :

- \* Cantidad de agua a aplicarse
- \* frecuencia de riego
- \* intervalo de riego

**Del análisis hecho del suelo y del agua del Lago del Campus Prosperina, ( ver anexo 1 y TABLA 4.8 ) se observa que ;**

- \* El agua del Lago del Campus Prosperina es un agua apta para el riego, y que reúne todos los requisitos de Salinidad, permeabilidad, toxicidad, que la hacen un agua apta para el riego.
- \* El suelo, es un suelo FRANCO - ARCILLOSO rico en minerales , características que se muestran en el análisis de suelos anexo 1.

- \* En la tabla 4.8 se muestran los resultados, teniendo una frecuencia de riego de 4 ó 5 días, tiempo en el que se deberá regar todas las áreas que en la actualidad tienen césped de la ESPOL.

#### 5.1. Resultados

En el presente estudio se ha demostrado que para mantener una buena calidad de césped en las áreas verdes de la ESPOL, dentro del programa de mantenimiento, se debe aplicar una práctica adecuada de riego, considerando la frecuencia, la cantidad y el momento de aplicación. En el presente estudio se ha demostrado que en las áreas verdes de la ESPOL, se ha aplicado un riego no sistemático, ocasionando el ahorro de agua y el desperdicio de dinero, y como consecuencia de dinero.

Existen algunos factores que ocasionan los problemas del césped, como son:

Esto

esto

---

\* Referencia bibliográfica : Las fórmulas usadas en este capítulo tienen la referencia # 7

## CAPITULO V

### MÉTODOS Y EQUIPOS PARA RIEGO POR ASPERSIÓN

#### 5.1. Riego - Generalidades

El objetivo al implementar un sistema de riego es el de mantener una disponibilidad permanente y constante de agua para el cultivo, dentro del rango permisible para la planta. El riego no es una práctica moderna, todo lo contrario se ha aplicado desde la antigüedad y a medida que la tecnología a avanzado en busca de soluciones se ha ido implementando el riego técnico, sistematizado, orientado al ahorro de mano de obra, de agua, de tiempo, y como consecuencia de dinero.

Existen varios métodos de riego que ayudan a solucionar los problemas del productor, dependiendo de:

- \* Tipo de cultivo y sus necesidades de agua
- \* Cantidad de agua disponible
- \* Costo del proyecto
- \* Tipo de suelo
- \* Topografía del terreno

Estos factores no están situados de acuerdo a un orden, la prioridad de estos factores lo da la situación específica de cada proyecto de riego.

De acuerdo a estas consideraciones se elige el tipo de riego a aplicarse y son:

- \* Riego por inundaciones
- \* Riego por goteo
- \* Riego por aspersión (fijo ó móvil)
- \* Riego localizado

No se puede decir qué método usar sin antes ver el terreno sus características particulares y los requerimientos de agua del cultivo. El método de riego a usarse se determinará de acuerdo a cada caso en particular, tomando en cuenta los factores ya mencionados y las condiciones que presente el productor, entonces si podrá discutirse el método a seguirse.

## **5.2 Métodos de Riego**

El método que se use influye muy poco en la ET(cultivo), si el método esta bien concebido, instalado, y utilizado, pero no en los casos de frecuente riego del follaje o cuando la cubierta del suelo sea. Por lo tanto la ventaja de un método con respecto a otro no quedan determinadas por la cantidad total de agua suministrada sino por idoneidad y eficacia con la que se atienden las exigencias de los cultivos.

En el caso de nuestro proyecto se ha elegido el riego por aspersión fijo debido a lo accidentado del terreno, con muchos desniveles, y frente a la necesidad de regar desde el lago se tomó la decisión de bombear el agua y distribuirla a través de un sistema de riego por aspersión. A continuación se detalla en forma general en qué consiste cada tipo de riego:

**5.2.1. El Riego Por Inundaciones;** El riego por inundaciones es común en los valles extensos donde el agua es relativamente abundante y los terrenos son llanos ( planos). Si el terreno es elevado habrá que nivelarlo para darle una pendiente entre 0.1 - 0.4 % en la dirección del riego. Los problemas que presenta este tipo de riego es la dificultad del drenaje y la presencia de malezas como consecuencia de ello (9).

**5.2.2. Riego Por Aspersión:** En el método de riego por aspersión el agua se aplica sobre la superficie del suelo, precisamente en esa forma, o sea de modo parecido a la lluvia. Dicha aspersión se obtiene al impulsar agua a presión, a través de pequeños orificios o cabezas. Generalmente la presión se obtiene por bombeo , aunque puede lograrse por gravedad, cuando la fuente de abastecimiento de agua, es bastante elevada, con relación el área regada.

El método por aspersión se adapta a la mayoría de las plantas, una excepción es el arroz. Es adaptable también a casi todos los suelos susceptibles de riego, debido a que existen aspersores con una gran variedad en la capacidad de descarga. Con un espaciamiento apropiado entre aspersores, el agua puede aplicarse a cualquier gasto seleccionado. En terrenos de textura extremadamente fina, con bajos coeficientes de infiltración es necesario tener cuidados especiales a fin de seleccionar los tamaños apropiados de las cabezas, la presión necesaria y el espaciamiento de los aspersores, para aplicar el agua uniformemente usando gastos pequeños.

**5.2.3. Riego por goteo** es adecuado para riegos poco profundos o muy "pesados", con baja infiltración o para suelos que forman costras en la superficie mal ser regados por aspersión, también este tipo de riego es adecuado para cultivos bajo cubierta plástica y para invernaderos, este tipo de riego no requiere una preparación especial del terreno. El Riego Por Goteo Se aplica generalmente a terrenos sin mucha pendiente y es un riego que suministra al cultivo el agua en forma de gotas, como no moja el cultivo existen menos inconvenientes en la formación de plagas. Tiene ventajas como;

- \* El ahorro de agua
- \* El aumento en la producción

- \* La presión en los cabezales es muy baja ( 5 - 15 m)
- \* Es muy conveniente en áreas ventosas.

***Las desventajas de este riego son;***

- \* La obstrucción de los goteros
- \* No sirve como protección en heladas
- \* En suelos livianos aumenta la erosión del suelo.

### **5.3 Equipo Para Riego Por Aspersión**

**5.3.1 Riego Mecanizado:** Los sistemas de riego por aspersión mecanizado son aquellos cuyo desplazamiento se hace a través de plataformas móviles y su principio es el mismo que el riego no mecanizado. El agua puede aplicarse uniformemente, a un gasto calculado según la capacidad de absorción del suelo, si se tiene cuidado en la selección de :

- \* Tamaño de las cabezas
- \* Las alturas requeridas
- \* La presión necesaria y
- \* El Espaciamiento de los aspersorios,

El riego por aspersión es especialmente ventajoso donde el agua disponible sea escasa y costosa, el suelo poco profundo o la superficie del terreno demasiado accidentada. El sistema de riego debe diseñarse

de tal forma que se adapte a las necesidades individuales de cada situación para la que se esté diseñando. El riego por aspersion puede ser de fijo o móvil.

El equipo a utilizarse para el riego por aspersion es muy diverso y variado, puesto que existen muchas marcas en el mercado que ofrecen sus productos con asistencia técnica incluida, que no siempre está orientada a satisfacer los requerimientos del cliente en cuanto a costos.

Entre el equipo para riego por aspersion encontramos :

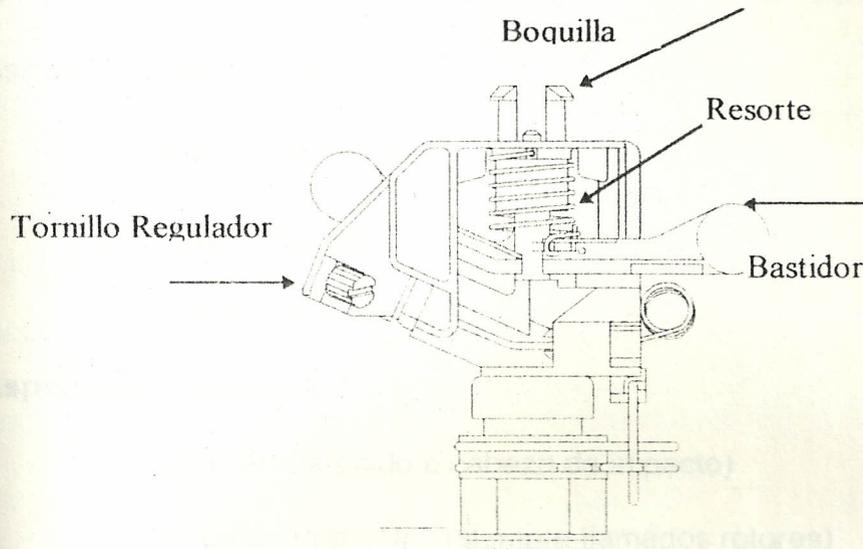
- \* Aspersores
- \* Válvulas
- \* Tuberías
- \* Drenadores
- \* Aireadores
- \* Bombas
- \* Tableros de control

**5.3.2. Aspersores** Tienen el papel de proyectar el agua del riego dispersándola una cierta distancia. Se utilizan para ello aspersores, tubos de riego, rampas perforadas cabezas y diversos modelos de torniquetes hidráulicas.

Los aspersores son órganos de riego rotativos que utilizan agua a presión ( 2 - 7 bars ) que sale por una cabeza ó dos cabezas opuestas, de las cuales una ( bien la única que exista) golpea una pieza llamada

bastidor, sujeta por un resorte; la vuelta del batidor provoca una rotación elemental del aspersor, que puede girar sobre su eje ver gráfico 5.1.

GRAFICO 5.1



Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

Existen numerosos modelos de aspersores con rendimientos que varían entre 0.1 y 30 m<sup>3</sup> / h, asegurando un riego horario de 1,5 a 8 mm. Su alcance varía entre 5 - 36 m.

Los materiales utilizados en su fabricación son principalmente de bronce, aluminio, P.V.C. Las partes susceptibles al desgaste son, sobre todo las superficiales, debido al frotamiento durante la rotación de estos.

#### 5.4 Tipos Y características de aspersores (10)

Existen varios tipos de aspersores y equipos de irrigación. Cada variedad y marca tiene un rango particular de aplicación, por los cuales cada fabricante especificará parámetros como ; Presión, radio de aplicación, Precipitación. Los tipos principales de equipo son :

##### Aspersores de Rociador

1. Rociador de arbustos
2. Rociador de salto
3. Rociador de superficie

##### Aspersores rotatorios

1. Elevados (parecido a cabeza de impacto)
2. Rotatorios Pop - Ups (siempre llamados rotores)

**5.4.1. Los Aspersores Con Cabeza De Rociador :** Generalmente emiten en forma simple o doble láminas de agua . Estos modelos son generalmente una parte de un círculo o arco. Los modelos mas comunes son los círculos completos,  $3/4$  de círculo,  $2/3$  de círculo, semicírculo,  $1/3$  de círculo y cuarto de círculo. Además de los modelos de arcos existentes de Rociador como strips de centro, de lado y al final. También "cabezas de arcos variables", uno de cabeza de Rociador híbrido maneja ciertas áreas impares, entre áreas,

permitiendo al diseñador ajustar el arco de cobertura de 0 a 360 grados.

**Aspersores de vapor** ; son otro tipo de cabeza de Rociador que tienen arcos fijos de cobertura, pero en vez de emitir una lámina, distribuyen agua en numerosos agujeros individuales.

Debido a que las cabezas de Rociador tienen un rango de operación de 15 a 30 psi y lanzan agua en un radio de 5 a 22 pies, son más usados para irrigar áreas pequeñas o proyectos que tienen baja presión de agua.

**Aspersor cabeza de abanico** ; Distribuyen agua rápida y completamente, siendo capaces de aplicar entre 1-2 pulg./ hora. Lo que el diseñador tiene que tener en mente es que tipo de suelo está trabajando ó si la tierra es inclinada, entonces no puede aceptar agua con velocidad que exceda la tasa de infiltración del suelo. Los Rociadores de vapor tienen un rango más aceptable para estas aplicaciones, con rangos de precipitación de 1/3 a 1/2 pulgadas por hora.

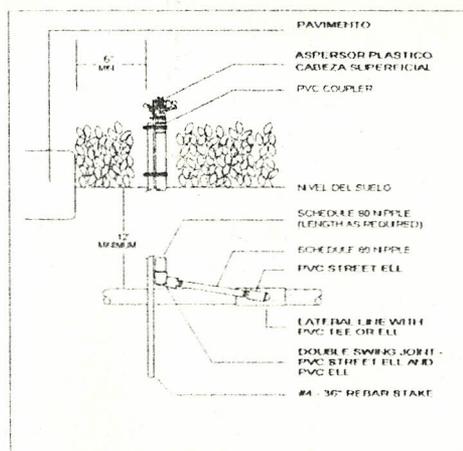
**Aspersor de cabezas superficiales** ; Están siendo cada vez menos usadas y menor cantidad aún para humedecer áreas verdes en los modernos sistemas de irrigación. Antiguamente estos rociadores eran

las necesidades de agua de los cultivos. La cabeza de Rociador de abanico en la cabeza de superficie era rodeada por un amplio flanco que se diseñó para mantener el pasto desde la salida, esperando que no obstruiría el rociador. El flanco no era adecuado y la gente de mantenimiento frecuentemente tuvo que recortar una gran escudilla alrededor de la cabeza para que el rociador podría abarcar el pasto circunvecino. Esto era necesario porque las cabezas necesitaban ser instaladas bien por debajo para que la podadora no dañe los mismos.

Actualmente los aspersores de cabezas de superficie no son prácticos de instalar escudillas o las cuñas en el jardín y no son de aceptación en las áreas comerciales.

GRAFICO 5.2

CABEZA SUPERFICIAL



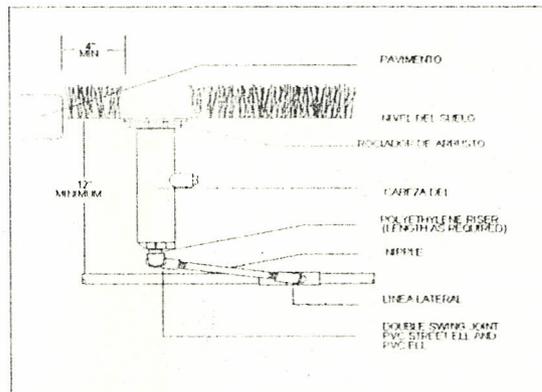
Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

Para pequeñas y medias, áreas de césped los **aspersores Pop - Up** son los mas apropiados para que no haya obstrucción en la distribución. Estos pueden extender el flujo de la cabeza una o dos pulgadas arriba de la superficie para regar pastos sesgados debajo de estas alturas.

**Los aspersores arbusto** se extienden a rangos con alturas de 2, 4, 6 o 12 pulgadas. Estos cabezales pueden llegar y alcanzar los arbustos. Para áreas de pequeños arbustos, las cabezas ya sean maquinadas o moldeadas en una pieza ó adoptadas en una configuración de dos piezas tienen 1/2 pulgada de rosca para acoplarse a una tubería superior llamada "elevada" (Ver Gráfico 5.3). La función es de suministrar a los arbustos con alturas por encima de las plantas para no obstruir la distribución.

### GRAFICO 5.3

#### CABEZA DE ARBUSTO

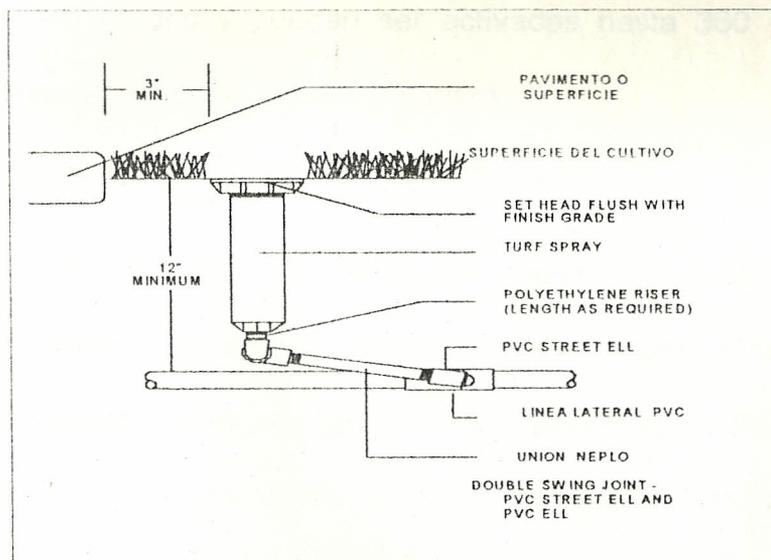


Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

**Los aspersores los de Pop - Up :** siempre usan la misma cabeza pero están colocados sobre sus respectivos cuerpos. Con la disponibilidad de 6 y 12 pulgadas de altos chifonazos (pops), algunas áreas de arbustos cercanas a las aceras, escaleras y avenidas usan estas unidades como chifón de cabeza de arbustos. En vez de permanecer montadas rígidamente elevadas, las cabezas de chiflón bajan después de la operación reduciendo el potencial de vandalismo e incrementar la seguridad del área (Ver Gráfico 5.4).

#### GRAFICO 5.4

#### ASPERSOR CON CABEZA DE ROCIADOR POP-UP



Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

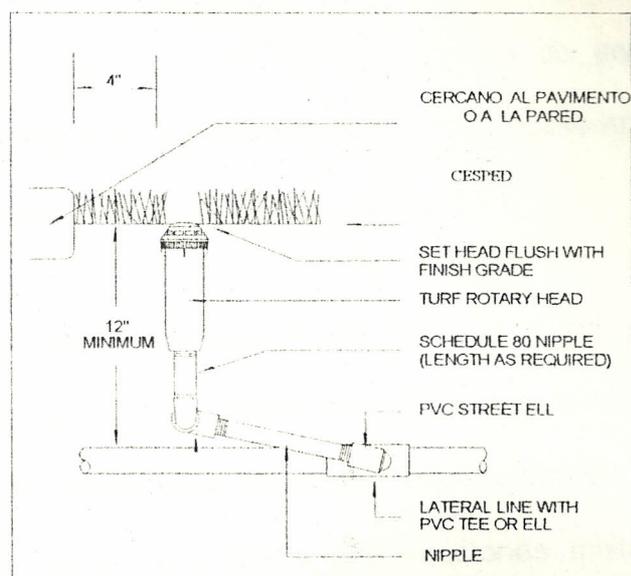
**5.4.2. Aspersores Rotatorios ;** A este tipo de aspersores está permitidos instalarlos en una base elevada para irrigar altos arbustos y cubrir áreas y en versiones de chiflón (Pop - Up) para humedecer césped. Los Aspersores rotatorios usan varios principios para convertir una porción del flujo y la presión pasando a través de ellos como energía "dirigida" para cambiar la cabeza.

En general, los aspersores rotatorios tienen cabezas sencillas o dobles que resuelven la distribución del agua sobre el área a cubrir. Las unidades de partes - circulares tienen un mecanismo de reversa o corte que permiten la salida en forma curva. En vez de fijar los arcos que proveen, varias partes rotatorias circulares de la cabeza son ajustables desde 20 a 240 grados y pueden ser activadas hasta 360 grados. Existen también unidades de círculo completo.

Para operaciones de altas presiones son comunes los aspersores rotatorios de cabeza de spray. Disponibles en rangos anchos, el cuerpo de los cabezas rotatorias operan en rangos de 25 a 100 psi. La distancia de operación es mayor que los cabezas de spray. Las cabezas rotatorios lanzan cerca de 20 pies mínimo en tipos pequeños y abarcan 100 pies de radio las unidades mayores. La demanda de galonaje para rangos altos es mayor también (VER GRAFICO 5.5).

## GRAFICO 5.5

## ASPERSORES ROTATORIOS



Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

Descargan de 5 a 100 galones por minuto o mas intervalos para varios flujos los aspersores rotatorios.

A pesar de flujos altos, las cabezas rotatorias generalmente aplican agua mas despacio que los de spray porque el agua es esparcida en grandes áreas. Los rangos de precipitación para estas cabezas varían de 1/4 a 2 pulg / hr. Esto hace que las cabezas rotatorias sean más apropiadas para áreas inclinadas, suelos duros y otras áreas donde los rangos de aplicación lenta son deseados.

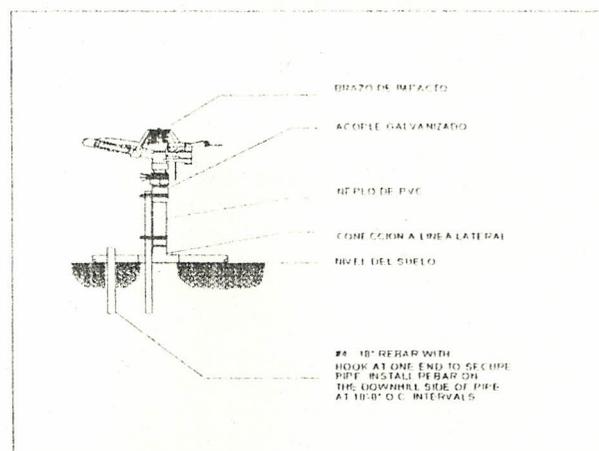
**Cabeza de Impacto :** Los tipos que prevalecen de aspersores rotatorios es el de cabeza de impacto. Usando un mando director de lado para crear rotación, los de cabeza de impacto pueden ser montadas arriba de las plantas donde la corriente no será obstruida en todo su radio.

Los aspersores de cabeza de spray son requeridos para áreas pequeñas, para estas áreas cercadas se necesita los aspersores de spray controlado, para áreas con árboles densos que estorbaran las cabezas rotatorias y áreas con secciones mixtas de plantas que requieren diferentes cantidades de agua.

### GRAFICO 5.6

#### ASPERSOR ROTATORIO

##### CABEZA DE IMPACTO



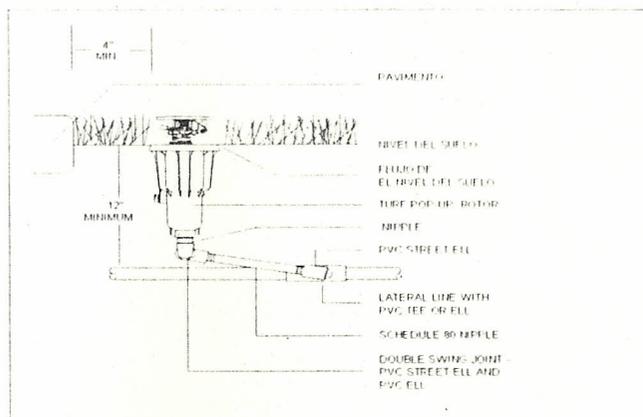
Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

**Pop Up :** En grandes áreas de césped, Los ROTOR POP-UPS pueden irrigar vastas áreas con sólo algunas cabezas que utilizarían las cabezas de spray. Así como las cabezas de spray POP-UP, el rotor de Pop - Up se retira después de la operación y queda fuera del camino de movimiento del equipo.

Las cabezas de radio largo son generalmente mas económicas, con mayor eficiencia de energía y mayor cantidad de agua para irrigaciones de larga área donde las corrientes no serán interrumpidos y permitir que cubran el área. Menos cabezas, menos dimensiones, menos zanjas comparado con las cabezas de spray son ventajas de los aspersores rotatorios (VER GRAFICO 5.7).

**GRAFICO 5.7**

**ASPERSORES ROTATORIOS  
CABEZA DE POP-UP**



Referencia : Catálogo Rain Bird ; Landscape Irrigation Products ; Año 1995-1996

Para irrigar áreas de bajo flujo están los sprays tiny y los spinners.

Estas unidades están espaciadas como los aspersores pero tienen rangos de precipitación bajos. Prs de 1/3 de pulgada por hora o menos son comunes. Estos pequeños spinners rotatorios o sprayers de arco fijo pueden ser montados con adaptadores sobre elevadores o sobre cuerpo de aspersores de alto POP para arbustos, cubrir terrenos o en irrigación individual de árboles.

Cuando buscamos un tipo particular de aspersor en un catalogo de manufactura, la carta para las cabezas contiene algunas piezas de información importante. En el ejemplo podrá ver los tipos de datos que le ayudaran con su selección.(VER CARACTERÍSTICAS QUE PROPORCIONA EL FABRICANTE EN EL ANEXO # 2 ).

## 5.5. CONCLUSIONES PARCIALES

De lo expuesto en los anteriores capítulos y de este se puede observar que:

- \* Para el tipo de terreno irregular que hay en el Campus prosperina y del análisis hecho de las curvas de nivel, el cabezaL que tiene que subir el equipo de bombeo es : 7mts.
- \* El aspersor que se escoja deberá de manejar presiones intermedias .
- \* Las presiones con que se debe trabajar este tipo de aspersor están entre 25 y 55 psi. Para las áreas grandes

Por lo tanto se concluye que el aspersor que más se ajusta a los requisitos de precipitación del sistema son :

Tipo cabeza de rociador ó SPRAY para as áreas pequeñas y para las áreas grandes del tipo TURF ROTORS. En el **anexo 2** se muestran variedades de aspersores en la marca Rain Bird de los que se han trabajado con los :

ROTORS ; Serie T-40, T-30, T-22 (ver anexo 2)

SPRAY ; Serie 1800 (Ver anexo 2)

## CAPITULO VI

### MODELO DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE ASPERSION

#### 6.1. Procedimiento Para La Planeación De Un Sistema De Riego (11).

A continuación se presenta una lista de los pasos a seguir para la planeación del riego, algunos de los pasos ya están desarrollados en capítulos previos a este, sin embargo se los incluye aquí para tener una idea general de lo que se debe hacer al planificar el riego.

1. Hacer un inventario de los recursos disponibles y de las condiciones de operación, debe incluirse datos de suelos, topografía, abastecimiento de agua, fuente de energía motriz, cultivos y programas de administración agrícola.
2. Determinar la altura ó cantidad de agua a que debe aplicarse en cada riego, como se hace en el capítulo 4.
3. Determinar la frecuencia de riego ó el periodo más corto (cap.4 )
4. Determinar los requisitos de capacidad.

5. Determinar el gasto óptimo para la aplicación del agua.
6. Determinar el tipo de aspersor requerido
7. Determinar el espaciamiento entre aspersores, la descarga, el tamaño de la boquilla y la presión necesaria para el gasto óptimo de aplicación de agua.
8. Determinar el número de aspersores funcionando simultáneamente que son necesarios para satisfacer los requisitos del sistema .
9. Hacer la planeación de operación de aspersores.

Para comodidad en la presentación de los resultados se seguirán los pasos, presentados en esta lista. Los pasos 1 - 2 y 3 están desarrollados y presentados en el capítulo 4 .

## **6.2. Requisitos de Capacidad**

La capacidad que se requiere de un sistema de aspersores depende del tamaño del área a regarse (área del proyecto) la altura bruta que alcanza el agua que se aplica en cada riego. Y el tiempo neto de operación asignado para aplicar dicha cantidad. La capacidad de un sistema puede calcularse mediante la fórmula :

$$Q = 453 Ad / FH \quad (6.1)$$

Q = Capacidad de descarga en GPM

A = superficie en acres del área del proyecto

d = Altura bruta de aplicación del agua, pulg / Acre

F = Número de días asignados para llevar a cabo un riego

H = Número de horas reales de operación, por día.

Las áreas del proyecto cuyas zonas varían considerablemente en cuanto a la reposición del agua, pueden fraccionarse de acuerdo a la cantidad de agua que requieren en cada riego. El tiempo previsto para completar un riego sobre todas las áreas ( F ) no debe ser mayor que el periodo más corto de la frecuencia de riego.

Las necesidades de capacidad en el sistema , se calculan para un periodo máximo de necesidades. Deberán permitirse tolerancias para la diferencia de tiempo de riego entre una zona y otra.

### **6.3. Requisito para Selección de Aspersores.**

Seleccionar primero los aspersores, sin haber sido suministrada la información en el proceso de diseño, es un problema. Es de notar que a pesar de la importancia crítica de los pasos uno, dos y tres; el paso número cuatro sería para el diseñador lo primero. Muchos de los

criterios para seleccionar aspersores usan la información calculada o generada en los primeros 4 pasos .

Existen varios tipos de aspersores y de equipos de irrigación. Cada variedad tiene un particular rango de aplicación para lo cual el diseñador especificará, en la tabla 6.1 se muestra una exposición de las distintas clasificaciones, con las características y aplicaciones de cada aspersor. Cuando seleccionamos las propiedades de los aspersores para el proyecto, existen muchos factores a considerar. Algunos son:

- \* Tipos de aspersores requeridos por el propietario
- \* Dimensión y forma de las áreas a ser regadas.
- \* Los tipos de planta o el plano del lugar.
- \* La presión de agua y el flujo permitido.
- \* Las condiciones ambientales del lugar así como el viento, temperatura y precipitación.
- \* El tipo de suelo y el rango de agua que pueden manejar.
- \* El acoplamiento de los aspersores cuando tengan que ser agrupados.

La dimensión y forma de las áreas que serán irrigadas, determinan que tipo de aspersores serán utilizados. El fin es seleccionar el tipo de cabezal que cubrirá el área usando el menor número de aspersores.

**TABLA 6.1**  
**CLASIFICACIÓN DE ASPERSORES Y SU ADAPTABILIDAD**

TIPO DE ASPERSOR	PRESION BAJA 5-15 PSI	PRESION MODERADA 15-30 PSI	PRESION INTERMEDIA 30-60PSI	PRESION ALTA 50-100 PSI	HIDRAULICA O GIGANTE 80-120 PSI
Características Generales	Resortes impelentes especiales o brazos del tipo de reacción.	Generalmente boquilla sencilla oscilante o brazo largo con 2 boquillas	Diseño de boquilla doble o sencilla	Diseño boquilla doble o sencilla	Una boquilla larga con boquillas suplementarias mas pequeñas para llenar las lagunas en el modelo. La boquilla pequeña hace
Alcance de los diametros de riego	20-25pies	60-80pies	75-120pies	110-230pies	200-400pies
Gasto mínimo de aplicación recomendado	0.4pulg/hora	0.2pulg/hora	0.25pulg/hora	0.5pulg/hora	0.65pulg/hora
características de la aspersión suponiendo relaciones apropiadas (boquilla-presión)	Las gotas de agua son grandes debido a presión baja	Las gotas de agua están bién fragmentadas	Las gotas de agua están bién fragmentadas en todo el diámetro mojado	Las gotas de agua están bién fragmentadas en todo el diámetro mojado	Las gotas de agua están muy bién fragmentadas
Modelo de distribución adaptación y limitación suponiendo relaciones apropiadas (boquilla -presión)	regular	regular	muy buena	Buena, excepto V viento<4mph.	Aceptable donde no hay corrientes de aire.
Adaptación y limitaciones	superficies pequeñas reservadas a suelos absorción superiores a 0.5 pulg/hora y buena cubierta superficial sobre suelos de textura mediana o gruesa.	Primordialmente para aspersión debajo de arboles, en huertas. Puede usarse para cultivos en gran escala.	Para todos los cultivos en gran escala y la mayoría de los suelos regables. Bien adaptada para aspersión arriba de los arboles en huertas, arboledas y cultivos a la sombra del tabaco.	Lo mismo para aspersión int. excepto donde el viento es excesivo	Adaptable a cultivos densos que proporcionan una buena cobertura al suelo. Para cubrimiento rápido y áreas de forma irregular. Limitada a suelos con altos coeficientes de absorción.

Referencia: Riego por aspersión; Manual de la F.A.O; AÑO 1995

El tipo de planta que será irrigado también determina que tipo de cabezal de aspersores será usado. Césped, arbusto, árboles y otros pueden requerir diferentes tipos de irrigación.

La presión de agua permitida y el flujo limita al diseñador en la selección del equipo. Cada tipo de cabezal tiene un rango de operación y tienen que ajustarse con la capacidad del sistema de agua.

Áreas con condiciones de clima especial requerirán aspersores especiales; Las áreas con viento pueden demandar aspersores con bajo ángulo para mantener el agua cerca del suelo donde no será llevada por el viento. El excesivo calor del verano en climas cálidos necesitará galonajes de altos cabezales o múltiples ciclos de irrigación con cabezal estándar para mantener la plantación.

Con respecto a la medida de infiltración del suelo como se presenta en el capítulo 3, tabla 3.3 de este trabajo, debe el aspersor seleccionado cumplir con la condición indispensable de:

**Precipitación de Aspersores < Tasa de Infiltración del suelo.**

El rango de aplicación de agua de los aspersores ( precipitación ) no puede exceder de la habilidad del suelo para aceptar el líquido (infiltración ). Bajo rangos de precipitación de los aspersores pueden

requerir ajustar el rango de la aplicación de agua con los rangos del suelo. También, bajo cabezal (PR) son generalmente necesitados en laderas, para reducir la potencial erosión y drenaje.

La precipitación de un aspersor es la velocidad con que este aplica el agua y la podemos determinar con la fórmula siguiente (ver gráfico 6.2) :

$$\text{Precipitación} = \frac{96.3 q}{S \times L} \quad (6.2)$$

**Precipitación :** Precipitación (pulg. / hora) ó (mm/h)

**q :** caudal del aspersor (GPM) Ó (M3 / Hora).

**S :** Espacio entre aspersores a lo largo de una línea lateral (pulg.) ó (m.).

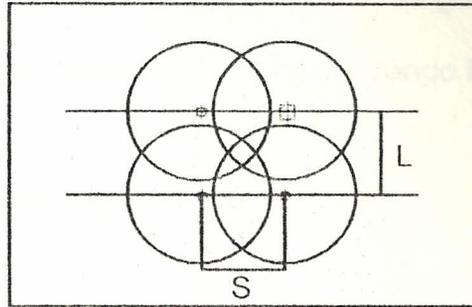
**L :** Espacio entre líneas laterales (pulg.) ó (m.).

La capacidad de aspersores es importante cuando conectemos las cabezas en grupos que servirán a la misma válvula. Una de las reglas importantes en la conexión de aspersores es ;

***Permitir la combinación de diferentes tipos de cabezas de aspersores en la misma válvula (11)*** como sea posible, se discutirá los rangos de precipitación en detalle después en esta sección,

GRAFICO 6.1

## LINEAS LATERALES ENTRE ASPERSORES



Referencia : Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

Sin embargo las cabezas con diferentes rangos de aplicación deberían separarse en circuitos de válvulas diferentes. Cuando son conectadas estas cabezas requerirán varios tipos de operación largos, y que el personal de mantenimiento provea de agua el área.

En nuestro ejemplo de diseño de riego del Campus Prosperina, se violó la regla de "no mezclar los cabezas" una o dos veces y se diseñó de una manera particular.

El mismo tipo de aspersor puede requerir válvulas de separación para equiparar la aplicación de agua con el resto de los aspersores. Hoy la precipitación equiparada en rangos de aspersores está permitida. Estas

unidades se descargan proporcionalmente galones de agua para equiparar el arco o círculo que cubren. Una círculo descarga dos veces (GPM) de un semicírculo; La precipitación equiparada permite el mismo tipo de boquillas, no importa el arco que tengan que cubrir, y será conectado a la misma válvula y en el mismo rango PR.

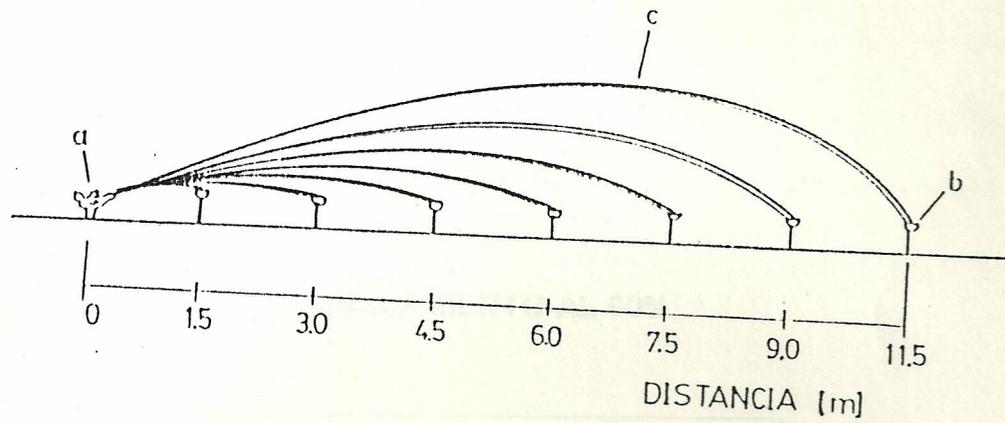
#### 6.4. Espaciamiento entre aspersores

Una vez seleccionados los aspersores, conforme las limitaciones de presión, gastos de aplicación, condiciones de cubierta, exigencia del cultivo y disponibilidad de la mano de obra, el siguiente paso es determinar la condición de su espaciamiento, presión de operación y tamaño de las boquillas que se acercarán más al gasto óptimo de aplicación del agua, con el mayor grado de distribución.

Para **determinar el espaciamiento entre aspersores** es necesario primero conocer la distribución de los aspersores. Cuando un aspersor es probado para descubrir su curva de distribución, será colocado en un punto dado y vasijas estarán colocadas a iguales intervalos a lo largo de su radio esperado de acción (ver gráfico 6.1). El aspersor funciona para un determinado tiempo y entonces el agua en cada vasija es medida para determinar que tan bien se ha distribuido el agua.

## GRAFICO 6.2

## MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE ASPERSION



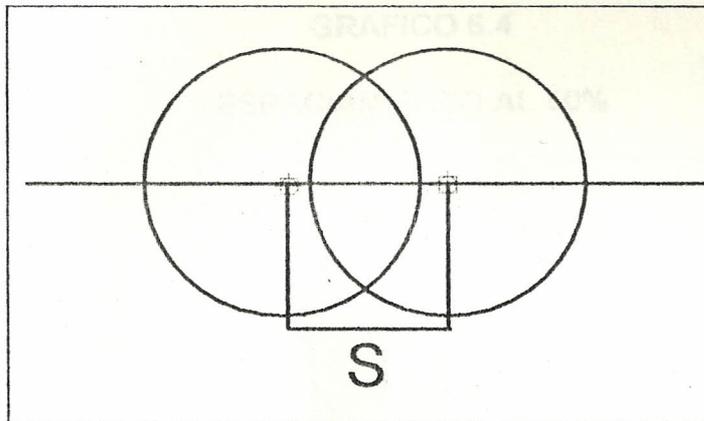
- a. ASPERSOR
- b. RECIPIENTE DE RECOLECCION
- c. CURVA DE DISTRIBUCCION

Referencia : Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996  
catálogo ; USA.

**Espaciamiento del 60 % entre aspersores ;** El máximo espacio recomendado, es donde el aspersor este colocado al 60% del radio de acción con respecto a su vecino. Este es el 60% del diámetro que mencionamos anteriormente. En casos donde el suelo es árido, altos vientos, baja humedad o alto calor inhibe la efectividad de la irrigación ; espacios mas cercanos son recomendados.

**GRAFICO 6.3**

**ESPACIAMIENTO AL 60%**



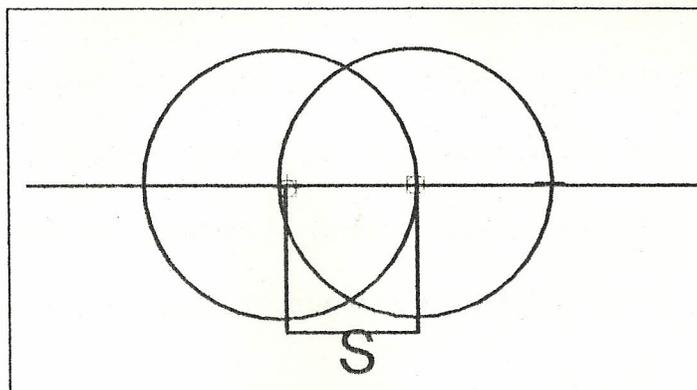
**s = 60% del diámetro del aspersor**

**Referencia :** Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

**Espaciamiento del 50 % entre aspersores, cabeza a cabeza ;** Es el más común de los espaciamientos, usados en irrigación de terrenos, con 60% para áreas no hay problemas. Donde los vientos son una amenaza para la irrigación, espaciamiento del 40% puede ser útil. Cuando los espaciamientos son muy grandes, los aspersores mostrarán manchas débiles dentro del esquema. Estas manchas débiles se pueden presentar como verde claro, amarillento o follaje pardo o como plantas muertas. Cuando el sistema está instalado y este problema de espacio con "STRESS" se muestra, frecuentemente el propietario del proyecto dará agua al resto de las áreas para contrarrestar la carencia de agua en las manchas débiles.

**GRAFICO 6.4**

**ESPACIAMIENTO AL 50%**



**$s = 60\%$  del diámetro del aspersor**

Referencia : Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996  
catálogo ; USA.

Una de las principales razones para seleccionar cuidadosamente los aspersores es que pueden ser exactamente dibujados en el diagrama. Uno de los diseñadores escogerá el equipo que el planea usar, propondrá espacio en los siguientes pasos críticos de esta sección del proceso de diseño. La información generalmente proveerá que esquema de espacio marcará los arcos que cubrirán dentro de las áreas.

### **6.5. Tipos de Colocación de aspersores para el diseño**

Habrán 3 tipos principales de esquemas de espacio entre aspersores y un número de variaciones para adaptar estos esquemas a situaciones especiales.

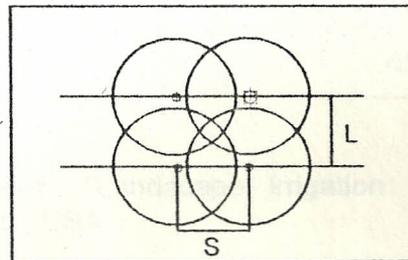
**6.5.1. Esquema Cuadrado**, con sus lados iguales funcionando entre 4 cabezas de aspersores, es usado para irrigar áreas que son cuadradas o sus límites tienen 90 grados entre sí y están confinadas al diseño del esquema. Aunque el esquema cuadrado no es muy efectivo por sus propiedades de cubierta si no es usado cuidadosamente, se usa en áreas donde las reglas no sirven con otros diseños.

No es muy preciso ya que el espacio a cubrir por la distancia entre los diagonales de los aspersores es mayor, por lo tanto se usarán más aspersores y esto aumentará el costo del proyecto. Cuando los

aspersores están espaciados cabeza a cabeza a los largo de dibujo cuadrado, la distancia entre las cabezas en esquinas opuestas es del 70%. Este 70% en el esquema puede dejar una mancha débil en el centro. El viento puede mover la débil mancha ligeramente lejos del centro y el calor puede tornar la débil mancha bastante grande si la condición climática común para el sitio.

### GRAFICO 6.5

#### ESQUEMA CUADRADO



**Referencia :** Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

Para minimizar los efectos del viento cuando usamos el esquema cuadrado, espacios cercanos (requerirá muchos aspersores) son recomendados dependiendo de las condiciones de severidad del viento. Las recomendaciones en la carta para bajos o sin viento es del 55% de espacio y en proyectos con altos vientos el espacio debería ser reducido como lo indica LA TABLA 6.2 .

TABLA 6.1

## ESPACIO ENTRE ASPERSORES

## ESQUEMA CUADRADO

CON VELOCIDAD DE VIENTO DE	ESPACIO MÁXIMO ENTRE ASPERSORES.
0 - 3 mph	55 % del diámetro
4 - 7 mph	50 % del diámetro
8 - 12 mph	45 % del diámetro

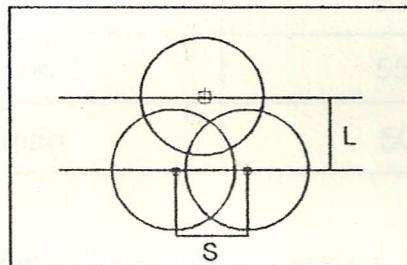
Referencia : Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

**6.5.2. El esquema triangular :** Es generalmente usado donde el área que será irrigada tiene límites irregulares que están abiertas al spray o no requieren cabezas de partes circulares. El esquema de triángulo equilátero, donde las cabezas están espaciadas a igual distancia una de otra, tiene algunas ventajas sobre el espacio cuadrado.

Porque las filas de aspersores son equivalentes desde filas adyacentes para establecer el esquema triangular, las manchas débiles que podrían

ser un problema en espacios cuadrados están ausentes. En muchos casos los aspersores pueden estar espaciados también aparte usando espaciamiento triangular que con el cuadrado. Esta distancia adicional entre cabezas siempre significa menos cabezas que las requeridas en el proyecto. Menos cabezas es menos costo en el proyecto, menos tiempo de instalación y menos costo de mantenimiento en la vida de los sistemas.

**GRAFICO 6.6**  
**ESQUEMA TRIANGULAR**



**Referencia :** Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

Las dimensiones de un esquema de espaciamiento están siempre marcados con "S" y "L". "S" es para los espacios entre aspersores y "L" es para los espacios entre las filas de aspersores montados en su líneas laterales (tuberías). En el esquema de triángulo equilátero, la distancia "L" (la altura del triángulo) es el espaciamiento del aspersor "S" veces

0.866. Si el largo de los rotores en un campo de golf estuvieran espaciados en 80 pies en un triángulo equilátero, la distancia entre filas de aspersores debería ser 80 pies por 0.866 ó 69.28 pies.

**TABLA 6.2**

**ESPACIO ENTRE ASPERSORES**

**ESQUEMA TRIANGULAR**

<b>CON VELOCIDAD DE VIENTO DE</b>	<b>ESPACIO MÁXIMO ENTRE ASPERSORES.</b>
0 - 3 mph	60 % del diámetro
4 - 7 mph	55 % del diámetro
8 - 12 mph	50 % del diámetro

**Referencia :** Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

Como se puede ver, no hay igual espacio en la línea diagonal en espacios cuadrados. Es por eso, que las recomendaciones del esquema de triángulo equilátero son menos restrictivas para condiciones de viento. La carta permite grandes distancias entre aspersores con 60% de espaciamiento y reduciendo el espacio cabeza a cabeza para áreas con viento.

**6.5.3. El esquema rectangular ;** Tiene las ventajas de ajustarse en lugares con viento y donde las áreas tengan límites y esquinas rectos y definidas. Cerrando el espaciamiento a través del viento y abriendo la longitud del modelo con el viento, el diseñador puede mantener buena cobertura de los aspersores.

En cada caso nombrado en la carta, la longitud del esquema permanece en 60% mientras la distancia que atraviesa el viento esta decreciendo contra el incremento de la velocidad.

**TABLA 6.3**

**ESPACIO ENTRE ASPERSORES**

**ESQUEMA RECTANGULAR**

<b>CON VELOCIDAD DE VIENTO DE</b>	<b>ESPACIO MÁXIMO ENTRE ASPERSORES.</b>
0 - 3 mph	60 % del diámetro
4 - 7 mph	55 % del diámetro
8 - 12 mph	50 % del diámetro

**Referencia :** Rain Bird ; "Landscape Irrigation Products" ; 1995 -1996 catálogo ; USA.

**6.5.4. Combinaciones de varios esquemas ;** de los mencionados pueden ser usados en la misma área de un proyecto para adaptarse a condiciones especiales. Si el diseñador está dibujando aspersores para un área verde, por ejemplo, y se presenta un árbol o una fila de arbustos, se puede usar el esquema de espaciamiento ESCALONADO para ajustarse a los obstáculos. Por escalamiento el esquema desde el cuadrado ó rectángular al ligeramente paralelogramo o a triangular, el grado de cobertura puede ser mantenido aunque el esquema no coincida con el resto del área. Después de colocar las cabezas alrededor o de pasar a través del área de obstrucción, el diseñado puede regresar desde el esquema escalonado al esquema de espaciamiento original.

Adaptar a un elemento curvo, el esquema DESLIZANTE permite un cambio gradual desde el espaciamiento cuadrado ó rectángular al paralelogramo, y al triangular y regresar al original si fuera necesario. Por deslizante el esquema mantendrá el espacio requerido a lo largo del cuerpo curvo; el diseñador permitirá agrupar los aspersores dentro de la curva y estrechar el espacio en el exterior de la curva.

Un buen ejemplo para el uso del esquema deslizante es el espaciamiento diseñado para un campo exterior de un estadio de baseball. El diseñador puede empezar con un espaciamiento

El diseñador puede empezar con un espaciamiento rectangular atrás de la 3ra base y mientras sigue la parte exterior de la curva de las líneas base, gradualmente se convierte del esquema de paralelogramo a triangular atrás de la 2da base y continúa volviendo al esquema rectangular otra vez atrás de la 1ra base. Este método continuará en todas las áreas curvas del campo.

Si el diseñador conoce cuantas pulgadas de agua por semana o por día requerirá apropiadamente mantener el césped para este proyecto, lo siguiente que se necesita saber es el rango al cual los aspersores suministrarán agua.

#### 6.6. Los Requisitos De Precipitación

De las cabezas seleccionadas deberían ser calculadas para determinar primero el rango que excede al rango de absorción del suelo y en segundo lugar si el rango suministrará suficiente agua durante un tiempo aceptable de operación y saber los requerimientos de irrigación.

Los rangos de precipitación promedio están expresados en pulgadas por hora. Una simple fórmula es usada para calcular los rangos de precipitación para aspersores usando el área, espacio de las cabezas y GPM para esta área. La fórmula es:

$$PR = \frac{96.3 \times \text{GPM}}{S \times L} \quad (6.2)$$

**6.6.1. Para el esquema cuadrado :** Tomaremos una zona del Campus para calcular el rango de precipitación para un aspersor de boquilla con círculo completo. Cada boquilla tiene las siguientes características :

Un radio con alcance de 13.11m

Con una Presión = 40 psi,

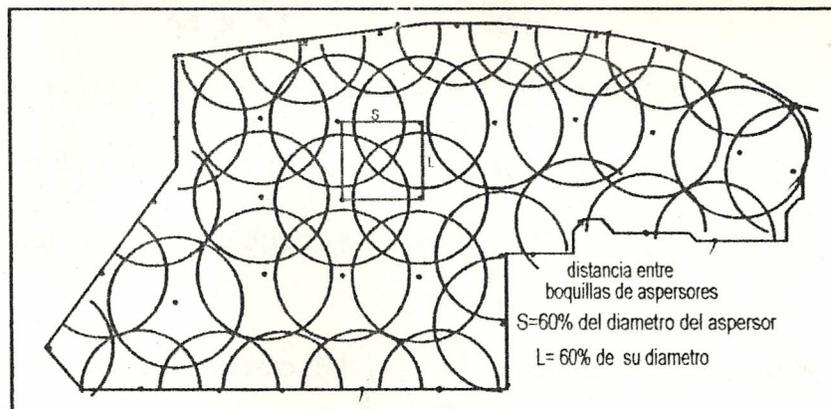
Una descarga de 1.11 m<sup>3</sup>/h. y

Las cabezas están espaciadas a 7.866 m.

El esquema luciría como el gráfico 6.7:

**GRAFICO 6.7**

**ARREGLO CUADRADO DE ASPERSORES**



**Zona a regarse Campus Prosperina**

**Una cabeza de círculo completo** entrega sólo un cuarto de su galonaje en el área entre 4 aspersores. Las otras 3/4 partes de cada esquema de rotación de cabeza está fuera del área.

- \* Con 1.11 m<sup>3</sup>/h (5.7GPM) totales por cabeza, sólo 0.2775 m<sup>3</sup>/h (1.425 GPM), es entregado por aspersor dentro del área.
- \* Cuando 4 cabezas entregan 0.2775 m<sup>3</sup>/h (1.425 GPM) c/u, esto equivale a una cabeza de círculo completo ó 1.11 m<sup>3</sup>/h (5.7 GPM).
- \* Con cabezas de círculo completo como se muestra en el **gráfico 6.7** se puede usar la equivalencia de una cabeza de descarga como los GPM para la fórmula de rangos de precipitación.

$$PR = \frac{96.3 \times 5.7 \text{ GPM}}{54 \times 54} = \frac{548.91}{2916} = 0.1882 \text{ in/hr}$$

Los cálculos de arriba le indican al diseñador, que las cabezas a este espacio, están dando la presión requerida, suministrarán agua a un poco menos de 1/4 de pulgada por hora.

Usando el mismo espacio 54 por 54 que usamos, veremos estas mismas cabezas en la **configuración de medio círculo**. Con el mismo aplicación de 5.7 GPM por cabeza de aspersor y todas las cabezas ahora estarán en semicírculo, la fórmula será:

$$PR = \frac{96.3 \times 11.4}{54 \times 54} = \frac{1097.82}{2916} = 0.3765 \text{ in/hr}$$

Ya sea que se piense que hay 8 cabezas en el diagrama, sólo estaremos interesados en el área entre los 4 aspersores adyacentes.

El galonaje de 11.4 fue determinado añadiendo la parte de la descarga desde cada aspersor que contribuía al área. Con cada cabeza mantenida en semicírculo, una mitad de su flujo estaba distribuido dentro del esquema cuadrado mientras la otra mitad estaba dentro del esquema vecino. El galonaje, entonces, era de 2.85 GPM por aspersor multiplicado por 4 aspersores para un total de 11.4 GPM. Las cabezas de aspersores están fijos en arco de cobertura, algunos tienen marcados rangos de precipitación.

Se hará el análisis en una esquina para aspersores de la serie 1800 del tipo "Spray" modelo B12 en un P.R. cálculos para las 4 cabezas de spray en las esquinas de un área:

Espaciamiento:  $S = 14.4$  pies,

Presión de operación en las cabezas = 30 psi

Radio de acción = 12 pies a pesar del esquema

Descarga Círculo completo = 2.0 GPM

Círculo medio = 1.0 GPM

1/4 de círculo = 0.5 GPM

El esquema de espaciamiento puede verse igual que en la figura 6.7:

**El total del galonaje será aplicado al área por RANGOS DE PRECIPITACION COMBINADOS es:**

Cabeza de círculo completo = 2.0 GPM (1/4 de su descarga)

Cabeza de medio círculo = 1.0 GPM (1/2 de su descarga)

Cabeza de 1/4 de círculo = 0.6 GPM (total de su descarga)

**Total = 3.6 GPM aplicado al área**

Para calcular los rangos de precipitación para este ejemplo, la fórmula sería:

$$PR = \frac{96.3 \times 3.6 \text{ GPM}}{12.6 \times 12} = \frac{346.68}{151.2} = 2.29 \text{ in/hr}$$

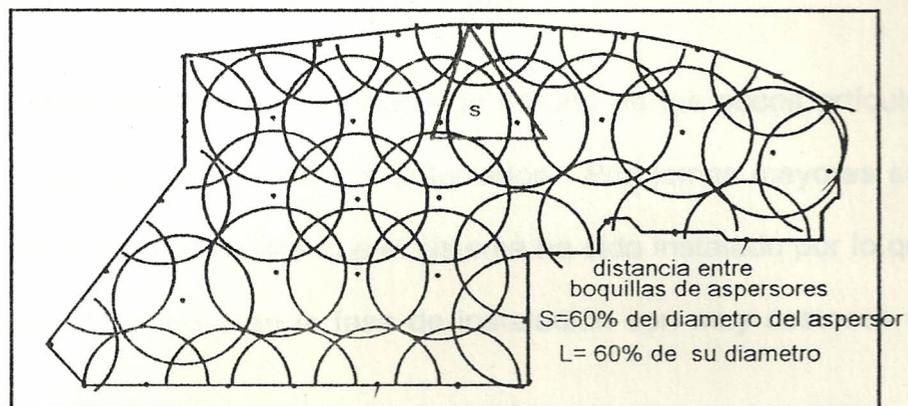
Teniendo los cálculos completos, el diseñador sabe que puede esperar un rango de precipitación de 1 a 3/4 de pulgadas por hora.

**6.6.2 Para el esquema triangular;** Es más fácil de trabajar, cuando calculamos los rangos de precipitación, que en espaciamiento cuadrado o rectangular. La principal diferencia es calcular la altura de los esquemas antes de usarlos como uno de las dimensiones de la fórmula.

En este ejemplo, altas dimensiones de las cabezas de aspersores de rotor pop-up, están espaciadas a 40 pies en un esquema triangular. Los GPM desde cada cabeza de círculo completo es 27.9. El esquema se vería así:

**GRAFICO 6.8**

**ARREGLO TRIANGULAR DE ASPERSORES**



**Zona a regarse Campus Prosperina**

La facilidad para calcular el PR por esquema triangular es para usar en paralelogramos usando 4 cabezas en vez de 3. Cuando examinamos el paralelogramo se puede ver que 2 cabezas contribuyen menos en el arco, sólo una pequeña parte de su galonaje al área que las otras 2. Las otras 2 contribuirán proporcionalmente altos galonajes para que el total de galonaje combine en las 4 cabezas en el esquema rectangular.

El cálculo del PR para este ejemplo sería:

$$PR = \frac{96.3 \times 5.7}{45 \times 54} = \frac{548.91}{2430} = 0.226 \text{ in/hr}$$

Ya hemos cubierto lo concerniente a aspersores, espaciamiento de cabezas y cálculos de rangos de precipitación, estamos listos para usar la información en la LOCALIZACION DE ASPERSORES en el plano.

### 6.7. Consideraciones Para Diseño Apropiado

Es muy importante Un sistema de riego es uno de los pocos artículos que se compran y entonces son enterrados. Problemas mayores son difíciles de corregir después que el sistema ha sido instalado por lo que errores en el diseño o en la fase de instalación son muy costosos de resolver.

La meta en ubicar las cabezas es asegurar que todas las áreas que requieran riego tengan adecuada cobertura. Recuerde **NO AUMENTE LOS ESPACIOS** entre aspersores mas allá del rango recomendado. La fila de regaderas sobre el proyecto que pueden eliminarse porque todas las otras filas se estiraron costará al propietario del sistema muchas veces el dinero ahorrado sobre la instalación inicial. Para contribuir a la pobre cobertura, aplicar más agua probablemente sería

la reacción del propietario. Está sobre la vida del sistema que los dólares se perderán en el derroche de agua.

Algo que tener en mente después de seleccionar los aspersores para un área particular :

1. Empezar dibujando los aspersores en las áreas difíciles primero. "Áreas difíciles" son todas con formas irregulares, obstrucciones prominentes, espacios confinados u otros problemas que requieren especiales consideraciones. Después de establecer la localización de las cabezas en las "áreas difíciles", ir a las otras áreas usando el espaciado escalonado ó deslizante.
2. La localización exacta de árboles (o plantas) sobre el área son importantes para el diseñador porque proveen el espacio al aspersor. Para árboles o altos arbustos que no serán irrigados separadamente, las cabezas de aspersores deberían estar alrededor y a lo largo o bajo las plantas. Para las cabezas con espacio demasiado cerca este ramaje más grande actúa como una barrera a la buena distribución. Si el árbol o la mata grande puede ser alimentado conjuntamente con el césped sin pasarse, rodeándolo con por lo menos tres cabezas, no afecta la cobertura de la plantación.

Donde sea posible, use el mismo tipo de aspersores sobre una área dada. Recuerde, el siguiente paso después de dibujar y colocar en los aspersores es agruparlos en circuito de válvulas. Si el área es cubierta por todos los aspersores excepto por los de rotor pop-up sobre una mancha, los rotores serán conectados separadamente de los aspersores cabezas de spray.

3. Después de localizar todos los aspersores en el plano, chequear el sistema para proveer espacio y una buena cobertura. También realizar pequeños ajustes, añadir o retirar cabezas y revisar espacios antes de dibujar en cualquier línea.

## 6.8. CONCLUSIONES PARCIALES

Como conclusiones a esta parte del trabajo puede decirse, que la precipitación para el diseño de la red de aspersores se ajusta al limitante de :

### **Precipitación de aspersores < Tasa de infiltración del suelo**

De lo calculado en este capítulo se desprende :

**PR, para zonas grandes es : 0.226 in/hr = 0.574 Cm/hr,**

**PR, para zonas pequeñas es : 2.26 in/hr = 5.74 Cm/hr,**

valores que están dentro de los requisitos de infiltración del suelo ver TABLA 3.3 .

La distribución de aspersion que predomina en los diseños es la triangular VER ANEXO 3 (GRAFICOS DE LAS ZONAS CON SU RESPECTIVO DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE ASPERSORES).

## CAPITULO VII

### DISEÑO DEL SISTEMA

#### 7.1. DIGITALIACIÓN DEL PLANO

La Digitalización del plano se llevó a cabo con el auxilio de un programa de diseño llamado **designCad for Windows** ( ver plano en anexo 4), en el que cada línea a ser dibujada tiene una simbología particular , Así ;

*Líneas de edificios ; son negras y llenas*



*Líneas de propiedad ( Contorno de áreas donde hay cultivo) ; son interrumpidas y verdes.*



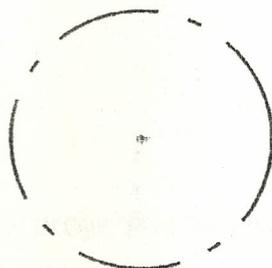
*Líneas de Zonas a Construir (Bosque) ; Son llenas y de color café*



*Líneas del lago ; Son llenas gruesas y de color azul.*



*Aspersores ; Representados por círculos de color azul con líneas punteadas y un punto en el centro que representa la cabeza del aspersor.*



Para que el plano se adapte a la realidad se ha medido todas las zonas del Campus y se ha actualizado en el plano, encontrando que el plano existente en el Campus, debía ser actualizado no solo en las áreas verdes sino también los edificios de construcción.

Este proyecto comenzó en el mes de Abril, y desde entonces se han hecho dentro de la ESPOL modificaciones como áreas que estaban destinadas a ser sembradas, ahora están en construcción .

### **7.2. Reconocimiento De Zonas Sembradas Y De Zonas Por Sembrar.**

En el gráfico 7.1 se muestra el plano con nomenclatura que se usará para referirse a cada zona, por ejemplo : M 1.1 es la zona aledaña al lago del Campus (ver gráfico 7.1).

### **7.3. Toma De Decisiones en el Diseño**

Dentro del diseño de la red de riego se han tomado una serie de decisiones ,que se han ido presentando a través del desarrollo del presente trabajo, para ajustar el Diseño a los requisitos de :

- \* Ahorro de agua,
- \* Minimizar los costos del proyecto ( Menor cantidad de aspersores).



**TABLA 7.1**  
**ÁREAS DIVIDIDAS EN MÓDULOS DE RIEGO**

MODULO	ZONAS	MODULOS	ZONAS	MODULOS	ZONAS				
1	M 1.1	9	M 10.7	17	M 11.1				
	M 1.2		M 12.4		M 11.5				
2	M 2.1	10	M 10.4		M 11.6				
			M 10.5		M 11.7				
3	M 3.1		M 10.8		M 11.9				
	M 3.2		M 11.10						
3	M 3.3	11	M 11.1		M 11.11				
	M 3.4		M 11.12						
	M 3.5		M 11.3						
	M 3.6		M 11.4		18	M 8.1			
	M 3.7		M 11.5			M 8.2			
	M 3.8		M 11.7			M 8.3			
	M 3.9		M 11.8			M 8.4			
	M 4.2					M 8.6			
	4		M 4.1			12	M 12.2		M 9.4
							M 12.3		M 10.8
M 12.5				M 10.9					
5	M 5.1	13	M 12.6	19		M 8.5			
6	M 6.1		M 12.7			M 8.7			
6	M 6.2	14	M 11.13		M 8.8				
	M 6.3		M 8.9						
	M 6.4		M 8.10						
	M 2.2		M 8.11						
	7		M 7.1		15	M 8.13	20	M 8.11	
M 7.2	M 9.1	M 8.12							
M 3.10	M 9.3	M 7.3							
8	M 2.3	16	M 9.5		M 7.4				
			M 9.6		M 7.5				
			M 9.8		M 7.6				
9	M 9.5		M 9.10		M 7.7				
	M 9.6		M 9.12		21	M 4.1			
	M 9.7		M 9.13			M 1.3			
	M 9.11		M 10.1						
	M 9.9		M 12.0						
	M 10.2		M 12.1						
	M 10.3		M 12.4						
	M 10.6								

Nota: En esta tabla no se incluyen las zonas de BOSQUE  
En cada módulo se ha tratado que el flujo total sea 200 GPM.

**7.3.1. Diseño De La Red De Aspersores Por Módulos** Para poder determinar tiempo de riego para el diseño se debe dividir las zonas del Campus Prosperina en módulos de riego (tomando en consideración escoger para un módulo las zonas más cercanas unas de otras), quedando estos determinados de acuerdo al caudal que se quiera manejar en cada aplicación, para ello se hace uso del caudal de cada aspersor y se determina un límite del caudal total por zona, en el caso del presente proyecto se ha elegido un caudal entre 100 y 130 GPM, quedando los módulos divididos como lo muestra la tabla 7.1.

Cabe anotar que en las áreas a sembrarse, también se cultivará **Césped Bermuda de la Costa**. En la tabla 7.2 se presenta las zonas del proyecto de riego y sus respectivas áreas.

**7.3.2. Selección de Aspersores por Zona:** Como se trató en el capítulo 6 de acuerdo al tamaño de la zona, es el modelo de aspersor como se explica en el capítulo 6 y se muestra en la TABLA 7.3. En esta tabla se presenta las zonas a regarse con el modelo de aspersor utilizado y las características de los mismos.

**7.3.3. Planeación Del Tiempo De Riego:** El tiempo de riego de riego se planea de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \text{Lámina bruta} / \text{precipitación}$$

TABLA 7.2  
AREA POR ZONAS

ZONAS	AREA	ZONAS	AREA	ZONAS	AREA
			( m 2 )		( m 2 )
M 11.3	556.0	M 8.5	285.0	M 11.1	95.0
M 11.1	455.0	M 1.1/1.2/1.3/2.2	10,703.0	M 11.10	97.0
M 11.10	87.0	M 10.8	1,441.0	M 11.11	105.0
M 11.11	103.0	M 12.6	371.0	M 11.12	375.0
M 11.12	117.0	M 12.6	581.0	M 11.13	1,857.0
M 11.12	31.0	M 2.1	74.0	M 11.2	48.0
M 11.13	2,112.0	M 2.3	35.0	M 11.4	255.0
M 11.2	528.0	M 2.4	337.0	M 11.5	242.0
M 11.4	189.0	M 2.5	1,890.0	M 11.6	11.0
M 11.5	1,166.0	M 3.10	2,333.0	M 11.7	38.0
M 11.6	75.0	M 4.1	125.0	M 11.8	95.0
M 11.7	317.0	M 4.2	295.0	M 11.9	485.0
M 11.8	554.0	M 5.1	45.0	M 12.5	2,069.0
M 11.9	39.0	M 6.1	52.0	M 12.7	6,576.0
M 12.7	1,592.0	M 6.10	219.0	M 4.1	616.0
M 2.3	6,304.0	M 6.11	176.0	M 4.2	715.0
M 3.9	139.0	M 6.2	1,010.0	M 5.1	450.0
M 4.1	1,746.0	M 6.3	371.0	M 6.1	223.0
M 4.2	6,294.0	M 6.4	1,029.0	M 6.2	782.0
M 5.1	7,247.0	M 6.5	638.0	M 6.3	252.0
M 6.1	840.0	M 6.6	45.0	M 6.4	165.0
M 6.2	1,070.0	M 6.7	694.0	M 7.1	18.0
M 6.3	190.0	M 6.8	1,284.0	M 7.2	15.0
M 6.4	409.0	M 6.9	1,234.0	M 8.13	274.0
M 7.1	1,450.0	M 8.6	295.0	M 8.2	435.0
M 7.2	2,050.0	M 8.9	184.0	M 8.3	145.0
M 8.13	1,660.0	M 9.2	2,450.0		
CONSTRUC.	61.0	M 9.10	115.0		
<b>TOTAL</b>	<b>37,320.0</b>		<b>28,311.0</b>		<b>16,438.0</b>
<b>TOTAL DE ÁREAS A REGARSE:</b>			<b>82,069</b>		

Nota: Las zonas se las ha enumerado poniendo primero el número de módulo al que pertenecen y luego la zona que ocupan dentro del módulo.

Por lo tanto con los datos proporcionadas en el capítulo 4 y las precipitaciones de cada modelo de aspersor dados en la tabla de este capítulo deducimos, el número de módulos con aspersores pequeños o grandes según sea el caso. Ver resultados en el siguiente tabla. 7.4.

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

ZONA	ASPERSOR	NUMERO (ANGULO)	CANT/ZONA	(Psig/ft/GPM)
M 1-1	T 40-15	4 (Q) + 1 (60)	23	(35/35/1.8)
	T 40-20	14 (H) + 2 (130)		(35/39/2.6)
	T 40-40	2 F		(35/43/4.9)
M 1-2	T 40-15	5 (Q) + 1 (60)	12	(35/35/1.8)
	T 40-20	2 H		(35/39/2.6)
	T 40-30	4 (F)		(35/41/3.9)
M 1-3	T40-15	3 (45)	8	(35/35/1.8)
	T-40-20	3 (180)		(35/39/2.6)
	T-40-40	5F + 1TQ		(35/43/4.9)
M 2-1	T 40-15	1Q + 1(60) + 1(135)	35	(35/35/1.8)
	T 40-20	15 (H)		(35/39/2.6)
	T 40-40	17 (F)		(35/43/4.9)
M 2-2	T 40-15	2Q + 1 (110)	10	(35/35/1.8)
	T 40-20	5H		(35/39/2.6)
	T 40-30	2F		(35/41/3.9)
M 2-3	T 40-15	4	36	(35/35/1.8)
	T 40-20	17H		(35/39/2.6)
	T 40-40	15F + 1TQ		(35/43/4.9)
M 3-1	1800-15Q	1	8	(30/15/0.93)
	1800-15H	6		(30/15/1.85)
	T 40-10-RC	1		(35/26/1.1)
M 3-2	1800-15Q	2	18	(30/15/0.93)
	1800-15T	3		(30/15/1.23)
	1800-15H	11		(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1		(30/15/2.78)
	1800-15F	1		(30/15/3.7)
M 3-4	1800-8T	2	37	(30/8/0.52)
	1800-8H	35		(30/8/0.79)
M 3-5	1800-15Q	3	10	(30/15/0.93)
	1800-15T	2		(30/15/1.23)
	1800-15H	4		(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1		(30/15/2.78)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 3-7	<u>1800-B12Q</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	(30/12/0.5)
	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>		(30/12/0,67)
	<u>1800-B12H</u>	<u>3</u>		(30/12/1)
M 3-8	<u>1800-B12Q</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	(30/12/0.5)
	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>		(30/12/0,67)
	<u>1800-B12H</u>	<u>2</u>		(30/12/1)
	<u>1800-15Q</u>	<u>1</u>		(30/15/0.93)
M 3-9	<u>1800-15Q</u>	<u>1</u>	<u>8</u>	(30/15/0.93)
	<u>1800-15T</u>	<u>3</u>		(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>3</u>		(30/15/1.85)
	<u>1800-15F</u>	<u>1</u>		(30/15/3.7)
M 3-10	<u>T 40-20</u>	<u>11</u>	<u>25</u>	(35/39/2.6)
	<u>T-30-13</u>	<u>14</u>		(35/30/1.3)
M 4-1	<u>T 40-30-RC</u>	<u>15</u>	<u>25</u>	(35/35/3.3)
	<u>T 40-15</u>	<u>10</u>		(35/35/1.8)
M 4-2	<u>T 40-15</u>	<u>2</u>	<u>42</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 40-20</u>	<u>16</u>		(35/39/2.6)
	<u>T 40-30</u>	<u>8</u>		(35/41/3.9)
	<u>1800-B12Q</u>	<u>1</u>		(30/12/0.5)
	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>		(30/12/0,67)
	<u>1800-B12H</u>	<u>13</u>		(30/12/1)
	<u>1800-B12F</u>	<u>1</u>		(30/12/2)
M 5-1	<u>T 40-15</u>	<u>1(135)+1(127)+1(36)</u>	<u>43</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 40-20</u>	<u>22 H</u>		(35/39/2.6)
	<u>T 40-30</u>	<u>18 F</u>		(35/41/3.9)
M 6-1	<u>T 40-15</u>	<u>1Q + 2(60)</u>	<u>10</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 40-20</u>	<u>6 H</u>		(35/39/2.6)
	<u>T 40-30</u>	<u>1 F</u>		(35/41/3.9)
M 6-2	<u>T 40-15</u>	<u>5H + 4(130) + 2(90)</u>	<u>13</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 40-30</u>	<u>2F</u>		(35/41/3.9)
M 6-3	<u>T 30 -25</u>	<u>2F + 1</u>	<u>16</u>	(35/30/2.6)
	<u>T 30 -13</u>	<u>8H + 4T + 1Q</u>		(35/30/2.6)
M 6-4	<u>T 40-30-RC</u>	<u>3H + 1T</u>	<u>7</u>	(35/35/3.3)
	<u>T 40-20-RC</u>	<u>2Q</u>		(35/33/2.2)
	<u>T 40-15-RC</u>	<u>1(45)</u>		(35/30/1.9)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 7-1	<u>T 40-15</u>	<u>5Q + 1T</u>	<u>14</u>	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	<u>6H</u>		<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	<u>2F</u>		<u>(35/41/3.9)</u>
M 7-2	<u>T 40-15</u>	<u>4Q + 1T</u>	<u>22</u>	<u>(35/35/1.8)</u>
	<u>T 40-20</u>	<u>10H</u>		<u>(35/39/2.6)</u>
	<u>T 40-30</u>	<u>5F</u>		<u>(35/41/3.9)</u>
	<u>T 40-10-RC</u>	<u>2</u>		<u>(35/26/1.1)</u>
M 7-3	<u>1800-15Q</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>(30/15/0.93)</u>
	<u>1800-15T</u>	<u>1</u>		<u>(30/15/1.23)</u>
	<u>1800-15H</u>	<u>3</u>		<u>(30/15/1.85)</u>
	<u>1800-15CST</u>	<u>3</u>		<u>(30/4*30/1.21)</u>
M 7-4	<u>1800-8Q</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>(30/8/0.39)</u>
	<u>1800-8T</u>	<u>1</u>		<u>(30/8/0.52)</u>
	<u>1800-B12Q</u>	<u>3</u>		<u>(30/12/0.5)</u>
	<u>1800-B12H</u>	<u>3</u>		<u>(30/12/1)</u>
M 7-5	<u>1800-B12Q</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	<u>(30/12/0.5)</u>
	<u>1800-B12H</u>	<u>4</u>		<u>(30/12/1)</u>
M 7-6	<u>1800-15Q</u>	<u>1</u>	<u>7</u>	<u>(30/15/0.93)</u>
	<u>1800-15H</u>	<u>5</u>		<u>(30/15/1.85)</u>
	<u>1800-15F</u>	<u>1</u>		<u>(30/15/3.7)</u>
M 7-7	<u>1800-8Q</u>	<u>1</u>	<u>54</u>	<u>(30/8/0.39)</u>
	<u>1800-8T</u>	<u>1</u>		<u>(30/8/0.52)</u>
	<u>1800-8H</u>	<u>35</u>		<u>(30/8/0.79)</u>
	<u>1800-B12Q</u>	<u>2</u>		<u>(30/12/0.5)</u>
	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>		<u>(30/12/0.67)</u>
	<u>1800-B12H</u>	<u>11</u>		<u>(30/12/1)</u>
	<u>1800-B12F</u>	<u>3</u>		<u>(30/12/2)</u>
M 8-1	<u>1800-15Q</u>	<u>3</u>	<u>13</u>	<u>(30/15/0.93)</u>
	<u>1800-15H</u>	<u>8</u>		<u>(30/15/1.85)</u>
	<u>1800-15TQ</u>	<u>2</u>		<u>(30/15/2.78)</u>
M 8-2	<u>1800-B12Q</u>	<u>5</u>	<u>28</u>	<u>(30/12/0.5)</u>
	<u>1800-B12H</u>	<u>12</u>		<u>(30/12/1)</u>
	<u>1800-12TQ</u>	<u>2</u>		<u>(30/12/1.95)</u>
	<u>1800-B12F</u>	<u>9</u>		<u>(30/12/2)</u>
M 8-3	<u>1800-B12Q</u>	<u>3</u>	<u>12</u>	<u>(30/12/0.5)</u>
	<u>1800-B12H</u>	<u>5</u>		<u>(30/12/1)</u>
	<u>1800-B12F</u>	<u>1</u>		<u>(30/12/2)</u>
	<u>1800-10Q</u>	<u>3</u>		<u>(30/10/0.39)</u>

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 8-4	<u>1800-B15CST</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	(30/6*26/1.29)
	<u>1800-10Q</u>	<u>4</u>		(30/10/0.39)
	<u>1800-10Q</u>	<u>1</u>		(30/10/0.39)
	<u>1800-10H</u>	<u>10</u>		(30/10/0,79)
	<u>1800-B12Q</u>	<u>3</u>		(30/12/0.5)
M 8-5	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>	<u>23</u>	(30/12/0,67)
	<u>1800-B12H</u>	<u>5</u>		(30/12/1)
	<u>1800-12TQ</u>	<u>1</u>		(30/12/1.95)
	<u>1800-B12F</u>	<u>2</u>		(30/12/2)
	<u>1800-8Q</u>	<u>1</u>		(30/8/0.39)
	<u>1800-8H</u>	<u>2</u>		(30/8/0,79)
	<u>1800-10Q</u>	<u>1</u>		(30/10/0.39)
M 8-6	<u>1800-10T</u>	<u>3</u>	<u>25</u>	(30/10/0,52)
	<u>1800-10H</u>	<u>6</u>		(30/10/0,79)
	<u>1800-15Q</u>	<u>4</u>		(30/15/0.93)
	<u>1800-15H</u>	<u>7</u>		(30/15/1.85)
	<u>1800-15TQ</u>	<u>1</u>		(30/15/2.78)
		<u>1800-10Q</u>		<u>1</u>
	<u>1800-10H</u>	<u>4</u>		(30/10/0,79)
M 8-7	<u>1800-B12Q</u>	<u>3</u>	<u>14</u>	(30/12/0.5)
	<u>1800-B12H</u>	<u>5</u>		(30/12/1)
	<u>1800-B12F</u>	<u>1</u>		(30/12/2)
		<u>1800-8H</u>		<u>3</u>
	<u>1800-10Q</u>	<u>6</u>		(30/10/0.39)
M 8-8	<u>1800-15CST</u>	<u>1</u>	<u>20</u>	(30/4*30/1.21)
	<u>1800-B15CST</u>	<u>2</u>		(30/6*26/1.29)
	<u>6-VAN H</u>	<u>8</u>		(30/6/0.6)
		<u>1800-8Q</u>		<u>2</u>
	<u>1800-8H</u>	<u>12</u>		(30/8/0,79)
M 8-9	<u>1800-10Q</u>	<u>4</u>	<u>30</u>	(30/10/0.39)
	<u>1800-10T</u>	<u>1</u>		(30/10/0,52)
	<u>1800-10H</u>	<u>4</u>		(30/10/0,79)
	<u>1800-10F</u>	<u>1</u>		(30/10/1.57)
	<u>1800-15Q</u>	<u>1</u>		(30/15/0.93)
	<u>1800-15T</u>	<u>2</u>		(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>3</u>		(30/15/1.85)
		<u>1800-10Q</u>		<u>2</u>
	<u>1800-10T</u>	<u>4</u>	<u>24</u>	(30/10/0,52)
	<u>1800-10H</u>	<u>9</u>		(30/10/0,79)
M 8-10	<u>1800-10F</u>	<u>1</u>		(30/10/1.57)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 8-10	4 VAN H	2		(30/4/0.45)
	6-VAN Q	4		(30/6/0.37)
	6-VAN H	2		(30/6/0.6)
	1800-8Q	2		(30/8/0.39)
	1800-B12Q	4		(30/12/0.5)
	1800-B12T	1		(30/12/0.67)
	1800-B12H	8		(30/12/1)
	1800-15Q	9		(30/15/0.93)
M 8-11	1800-15T	2	47	(30/15/1.23)
	1800-15H	14		(30/15/1.85)
	1800-15TQ	1		(30/15/2.78)
	1800-15F	2		(30/15/3.7)
	1800-15CST	4		(30/4*30/1.21)
	1800-8T	1		(25/7/0.48)
	1800-8H	3		(25/7/0.72)
	1800-B12H	5		(30/12/1)
M 8-12	1800-12TT	1	20	(30/12/1.74)
	1800-12TQ	1		(30/12/1.95)
	T 40-20	8		(35/39/2.6)
	T-30-13	1		(35/30/1.3)
	T-22-65	1		(35/22/0.7)
M 8-13	T-30-25	13	19	(35/30/2.6)
	T-30-50	5		(35/33/5)
	T 40-15	2		(35/35/1.8)
M 9-1	T 40-20	9	19	(35/39/2.6)
	T 40-40	6		(35/43/4.9)
	T 40-10-RC	2		(35/26/1.1)
	T 40-15	2		(35/35/1.8)
	T 40-20	8		(35/39/2.6)
M 9-2	T 40-30	1	26	(35/41/3.9)
	T 40-40	5		(35/43/4.9)
	T-30-13	2		(35/30/1.3)
	T-30-25	8		(35/30/2.6)
	T 22-65	9	10	(35/22/0.7)
M 9-3	T 22-13	1		(35/22/1.3)
	1800-B12Q	2		(30/12/0.5)
M 9-4	1800-B12H	2	5	(30/12/1)
	1800-10H	1		(30/10/0.79)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 9-5	MAXI PAW #6	7		(35/37/2)
	1800-8Q	2	13	(30/8/0.39)
	1800-8H	4		(30/8/0,79)
M 9-6	T 22-65	12		(35/22/0.7)
	1800-15Q	2	18	(30/15/0.93)
	1800-15H	4		(30/15/1.85)
M 9-7	T-30-13	6	6	(35/30/1.3)
M 9-8	1800-10Q	2	4	(30/10/0.39)
	1800-10H	2		(30/10/0,79)
M 9-9	T-30-13	9	9	(35/30/1.3)
M 9-10	1800-10Q	3		(30/10/0.39)
	1800-10T	3	19	(30/10/0,52)
	1800-10H	13		(30/10/0,79)
M 10-1	1800-10H	6		(30/10/0.79)
	1800-B12Q	4		(30/12/0.5)
	1800-B12T	4	27	(30/12/0.67)
	1800-B12H	7		(30/12/1)
	1800-B12F	3		(30/12/2)
	1800-15Q	3		(30/15/0.93)
M 10-2	1800-B12T	1		(30/12/0.67)
	T 22-65	16	24	(35/22/0.7)
	T 22-13	7		(35/22/1.3)
M 10-3	T 22-65	8	9	(35/22/0.7)
	T 22-13	1		(35/22/1.3)
M 10-4	T 40-15	2		(35/35/1.8)
	T 40-20	8	30	(35/39/2.6)
	T 40-40	4		(35/43/4.9)
	T 40-10-RC	16		(35/26/1.1)
M 10-5	T 22-65	9		(35/22/0.7)
	T 22-13	15	25	(35/22/1.3)
	T 22-25	1		(35/22/2.5)
M 10-6	T 22-65	7	15	(35/22/0.7)
	T 22-13	8		(35/22/1.3)
M 10-7	T 22-65	11		(35/22/0.7)
	T 22-13	2	16	(35/22/1.3)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 10-7	<u>T 22-25</u>	<u>3</u>		(35/22/2.5)
	<u>1800-15T</u>	<u>2</u>		(30/15/1.23)
	<u>T 22-65</u>	<u>3</u>		(35/22/0.7)
	<u>T 40-15</u>	<u>3</u>		(35/35/1.8)
M 10-8	<u>T 40-20</u>	<u>6</u>	<u>17</u>	(35/39/2.6)
	<u>T 40-30</u>	<u>1</u>		(35/41/3.9)
	<u>T 40-40</u>	<u>2</u>		(35/43/4.9)
	<u>1800-B12T</u>	<u>3</u>		(30/12/0.67)
M 10-9	<u>1800-B12H</u>	<u>8</u>	<u>15</u>	(30/12/1)
	<u>1800-B12F</u>	<u>4</u>		(30/12/2)
	<u>1800-8Q</u>	<u>2</u>		(30/8/0.39)
	<u>1800-8T</u>	<u>1</u>		(30/8/0.52)
M 11-1	<u>1800-8H</u>	<u>20</u>	<u>28</u>	(30/8/0.79)
	<u>T 30-13</u>	<u>3</u>		(35/30/1.3)
	<u>T 30-25</u>	<u>2</u>		(35/30/2.6)
	<u>1800-B12T</u>	<u>1</u>		(30/12/0.67)
M 11-2	<u>T 30-13</u>	<u>11</u>	<u>13</u>	(35/30/1.3)
	<u>T 40-10-RC</u>	<u>1</u>		(35/26/1.1)
M 11-3	<u>T 22-65</u>	<u>6</u>	<u>21</u>	(35/22/0.7)
	<u>T 22-13</u>	<u>15</u>		(35/22/1.3)
	<u>1800-10Q</u>	<u>2</u>		(30/10/0.39)
M 11-4	<u>1800-10H</u>	<u>1</u>		(30/10/0.79)
	<u>T 22-65</u>	<u>4</u>	<u>11</u>	(35/22/0.7)
	<u>T 22-13</u>	<u>4</u>		(35/22/1.3)
	<u>1800-10Q</u>	<u>4</u>		(30/10/0.39)
M 11-5	<u>1800-10H</u>	<u>6</u>	<u>30</u>	(30/10/0.79)
	<u>T 40-15</u>	<u>20</u>		(35/35/1.8)
	<u>1800-8H</u>	<u>3</u>		(30/8/0.79)
	<u>1800-B12Q</u>	<u>1</u>		(30/12/0.5)
M 11-6	<u>1800-15Q</u>	<u>9</u>	<u>19</u>	(30/15/0.93)
	<u>1800-15T</u>	<u>3</u>		(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>2</u>		(30/15/1.85)
	<u>T 30-13</u>	<u>1</u>		(35/30/1.3)
	<u>1800-15Q</u>	<u>4</u>		(30/15/0.93)
M 11-7	<u>1800-15H</u>	<u>2</u>	<u>12</u>	(30/15/1.85)
	<u>T 30-13</u>	<u>4</u>		(35/30/1.3)
	<u>T 30-25</u>	<u>2</u>		(35/30/2.6)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 11-8	<u>T 22-65</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	(35/22/0.7)
	<u>1800-B12Q</u>	<u>2</u>		(30/12/0.5)
M 11-9	<u>1800-B12H</u>	<u>5</u>	<u>15</u>	(30/12/1)
	<u>1800-15CST</u>	<u>8</u>		(30/4*30/1.21)
	<u>1800-15Q</u>	<u>3</u>		(30/15/0.93)
M 11-10	<u>1800-15T</u>	<u>1</u>	<u>7</u>	(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>3</u>		(30/15/1.85)
M 11-11	<u>T 40-10-RC</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	(35/26/1.1)
M 11-12	<u>T 40-10-RC</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	(35/26/1.1)
	<u>T 40-15</u>	<u>3</u>		(35/35/1.8)
M 11-13	<u>T 40-20</u>	<u>10</u>	<u>18</u>	(35/39/2.6)
	<u>T 40-40</u>	<u>4</u>		(35/43/4.9)
	<u>T 40-10-RC</u>	<u>1</u>		(35/26/1.1)
	<u>1800-10Q</u>	<u>6</u>		(30/10/0.39)
	<u>1800-10H</u>	<u>5</u>		(30/10/0.79)
M 12-1	<u>1800-15Q</u>	<u>3</u>	<u>22</u>	(30/15/0.93)
	<u>1800-15T</u>	<u>2</u>		(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>4</u>		(30/15/1.85)
	<u>1800-15F</u>	<u>2</u>		(30/15/3.7)
	<u>1800-B12T</u>	<u>3</u>		(30/12/0.67)
	<u>1800-B12H</u>	<u>3</u>		(30/12/1)
	<u>T 22-13</u>	<u>3</u>		(35/22/1.3)
M 12-2	<u>T 30-13</u>	<u>4</u>	<u>21</u>	(35/30/1.3)
	<u>T 30-25</u>	<u>4</u>		(35/30/2.6)
	<u>T 40-15</u>	<u>4</u>		(35/35/1.8)
	<u>T 40-30</u>	<u>4</u>		(35/41/3.9)
	<u>T 22-65</u>	<u>8</u>		(35/22/0.7)
M 12-3	<u>T 22-13</u>	<u>9</u>	<u>27</u>	(35/22/1.3)
	<u>T 40-15</u>	<u>5</u>		(35/35/1.8)
	<u>T 40-20</u>	<u>5</u>		(35/39/2.6)
	<u>1800-15Q</u>	<u>2</u>		(30/15/0.93)
M 12-4	<u>1800-15H</u>	<u>6</u>	<u>17</u>	(30/15/1.85)
	<u>T 22-65</u>	<u>9</u>		(35/22/0.7)
M 12-5	<u>T 40-15</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 22-65</u>	<u>3</u>		(35/22/0.7)
M 12-6	<u>T 22-13</u>	<u>6</u>	<u>18</u>	(35/22/1.3)

TABLA 7.3  
LISTA DE ASPERSORES POR ZONA

M 12-4	<u>1800-15Q</u>	<u>2</u>	<u>17</u>	(30/15/0.93)
	<u>1800-15H</u>	<u>6</u>		(30/15/1.85)
	<u>T 22-65</u>	<u>9</u>		(35/22/0.7)
M 12-5	<u>T 40-15</u>	<u>15</u>	<u>15</u>	(35/35/1.8)
M 12-6	<u>T 22-65</u>	<u>3</u>	<u>18</u>	(35/22/0.7)
	<u>T 22-13</u>	<u>6</u>		(35/22/1.3)
M 12-6	<u>T 40-20-RC</u>	<u>7</u>		(35/33/2.2)
	<u>T 40-10-RC</u>	<u>2</u>		(35/26/1.1)
M 12-7	<u>T 40-15</u>	<u>3</u>	<u>48</u>	(35/35/1.8)
	<u>T 40-30</u>	<u>7</u>		(35/41/3.9)
	<u>T 40-40</u>	<u>2</u>		(35/43/4.9)
	<u>1800-8H</u>	<u>13</u>		(30/8/0.79)
	<u>1800-10Q</u>	<u>1</u>		(30/10/0.39)
	<u>1800-10T</u>	<u>3</u>		(30/10/0.52)
	<u>1800-10H</u>	<u>8</u>		(30/10/0.79)
	<u>1800-15Q</u>	<u>1</u>		(30/15/0.93)
	<u>1800-15T</u>	<u>1</u>		(30/15/1.23)
	<u>1800-15H</u>	<u>8</u>		(30/15/1.85)
	<u>1800-15TQ</u>	<u>1</u>		(30/15/2.78)
<b>TOTAL DE ASPERSORES</b>	<b>1461</b>		<b>1461</b>	

TABLA 7.4

## PROGRAMACIÓN DE LOS TIEMPOS DE RIEGO

MODULOS	CAUDAL GPM	TIEMPO DE RIEGO (HR)
1	107.7	3.48
2	125.4	3.48
3	115.37	0.85
4	131.54	3.48
5	129.7	3.48
6	133.4	3.48
7	135.5	3.48
8	127.6	0.85
9	115.9	3.48
10	126.73	0.85
11	113.8	0.85
12	108.6	0.85
13	122.1	0.85
14	115.7	0.85
16	132.1	0.85
17	130.73	3.48
18	132.82	0.85
19	124.4	0.85
20	116.71	0.85
21	109.	3.48

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los tiempos de riego están se presentan por módulos en la tabla 7.4, Cabe anotar que estos cálculos han sido hechos con el principal objetivo de ahorrar el número de aspersores en el diseño sin que por ello sufra una marchitez permanente debido a la poca aplicación de agua el cultivo Césped.

En esta conclusiones dadas a continuación se incluye un análisis experimental que detalla los intervalos de riego apropiados para el cultivo hecho al Césped. En las diferentes zonas se dejó de regar por 8 días consecutivos, para saber cuanto el punto de marchitez, que es cuando el cultivo cambia de su color verde a amarillo, los resultados fueron rotundos.

El cultivo aguanta hasta un periodo de 7 días sin que sufra marchitez permanente cambiando a un color amarillo claro y teniendo el césped una característica de sequedad que puede ser solucionado aplicando riegos nuevamente. Queda hecha esta observación, para así saber el comportamiento de este Césped en periodos de Sequía.

Se concluye que el método de riego aquí sugerido para regar el Campus es el más correcto, debiéndose respetar el modelo de distribución de aspersores aquí presentado para garantizar el éxito del proyecto.

En el anexo 4 se incluyen los diseños de los módulos. Con su respectivo diseño de distribución.

El tipo de Aspersor o marca que se usen, pueden variar, pero nunca deberán variar las características de éstos, es decir Presión, Caudal y Diámetro.

**ANEXO 1**

Dr. Jorge Fuentes C.

Servicio de Análisis Agrícola

Urdesa Norte Av. 4ta. # 203.

Teléfono: 387-310

Guayaquil - Ecuador

**CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE SUELOS**

<b>REFERENCIA</b>						<b>REFERENCIA SUELO.</b>					
Propietario: Proyecto de Riego por Aspersión						Cultivo: Pasto					
Propiedad: ESPOL						Variedad:					
Localidad: Campus de la Prosperina						<b>FECHAS.</b>					
Análisis solicitado por: Sra. Letty Pozo de Alvarez						Ingreso: 2 de Febrero/97					
Dirección:						Reporte: 18 de Febrero/97					
Teléfono:											

No. Lab.	Refer. Muestra	Prof. cm.	Ar	L	A	CLASE USDA	Grava %	CE mmhos	pH u.	P ppm	MO %	N	Da gr/cc	
1		0-20	65	20	15	FAr	14.5	0.4 N	7.3 lalc	2.5 b	2.44 b	0.15 b	1.19	
2		20-30	58	17	25	FAAr	46.0	0.59 N	7.3 lalc	2.1 b	2.45 b	0.15 b	1.10	
3		30-40	58	19	23	FAAr	43.6	0.37 N	6.5 lac				1.21	
4		40-60	48	19	33	FAAr	54.7	0.56 N	6.8 lac				1.13	
			<b>HC</b>	<b>CC</b>	<b>PM</b>									
			%											
1		0-20	25.0	16.66	7.68									
2		20-30	26.1	18.20	10.20									
3		30-40	22.3	17.27	9.73									
4		40-60	28.1	21.79	12.10									
No. Lab.	CIC	Na	K	Ca	Mg	Sum Bases	Sat Bases	Fe	Mn	Zn	Cu			
	meq/100 gr						ppm							
1	63.0 a	0.53 N	0.88 a	45.4 a	14.3 a	61.08	96.9	28.6 a	12.6 m	8.4 m	4.9 m			
2	60.9 a	4.91 a	0.82 a	41.8 a	14.5 a	62.09	101.9							

Interpretación:

D: Desaturados

N: Normal

LS: Lig. Salino

S: Salino

MS: Muy Salino

HC: Humedad de campo

PM: Punto de marchitez= 15 atm.

ac : ácido

lac : lig. ácido

n : neutro

lalc : lig. alcalino

alc : alcalino

mb : muy bajo

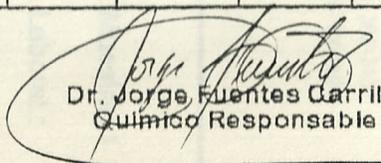
b : bajo

m : medio

a : alto

ma : muy alto

CC: Capacidad de campo= 1/3 atm.

  
 Dr. Jorge Fuentes Carrillo  
 Químico Responsable

Dr. Jorge Fuentes C.

Servicio de Análisis Agrícola

Urdesa Norte Av. 4ta. # 203.

Teléfono. 387-310

Guayaquil - Ecuador

REPORTE DE CALIDAD DE AGUA  
USO AGRICOLA-PECUARIO

REFERENCIA	REFERENCIA AGUA
Propietario: Proyecto de Riego por Aspersión	Origen: Lacustre
Propiedad: ESPOL	Profundidad: No. Muestra: 1
Localidad: Campus - Prosperina	
Análisis solicitado por: Sra. Letty Pozo de Alvarez	FECHAS. No. Laborat.:
Dirección:	Ingreso: 2 de Febrero/97
Teléfono:	Reporte: 4 de Febrero/97

EXAMEN FISICO:

Parámetro	Valor	Unidades	Interpretación
Reacción del agua (pH):	7.9	Un.	Alcalino
Conductividad Eléctrica (CE):	516	µmhos/cm-25°C	C 2 - Buena
Sólidos Disueltos Totales:	371	mg/l	Buena
Sólidos Suspendedos Totales:		mg/l	
Turbiedad:		NTU	
Color:		Un. Pt-Co	

EXAMEN QUIMICO:

CATIONES				ANIONES			
	meq/l	%	mg/l		meq/l	%	mg/l
Calcio (Ca)	1.58	29.9	31.6	Carbonatos (CO3)	0.12	2.2	6.00
Magnesio (Mg)	1.32	25.0	16.0	Bicarbonatos (CO3H)	3.50	64.8	213.50
Sodio (Na)	1.86	35.2	42.8	Sulfatos (SO4)	0.08	1.5	3.80
Potasio (K)	0.08	1.6	3.0	Cloruros (Cl)	1.70	31.4	60.26
Hierro (Fe)				Nitratos (NO3)			
Amonio (NH4)				Fosfatos (PO4)			
				Boro (B)			
TOTAL:	4.84	91.7	93.4		5.4	99.9	283.56

Indíces de Calidad Para Uso Agrícola	Siglas	Valor	Interpretación
Salinidad Efectiva	SE	2.4	Buena
Salinidad Potencial	SP	1.74	Buena
Porcentaje de Sodio Posible	PSP	76.0	Buena
Relación de Adsorción de Sodio	RAS	1.55	Buena
Porcentaje de Sodio Intercambiable	PSI	1.02	Buena
Carbonato de Sodio Residual	CARSOR	1.56	Buena
Dureza Total	DT	1.45	Buena
Dureza Alcalina	DA	1.81	Buena
Clasificación USDA	C-S	C 2 S 1	Buena

  
Dr. Jorge Fuentes Carrillo  
Químico Responsable









DIRECCION GENERAL DE AVIACION CIVIL

DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA AERONAUTICA  
SECCION CLIMATOLOGIA

AEROPUERTO: SUAYAOUI

MES DE: SEPTIEMBRE AÑO: 1996

FRECUENCIAS Y VELOCIDADES MEDIAS PARA DIFERENTES DIRECCIONES DE VIENTO

HORAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	ddd	ff		
ddd	(a)	(b)	(Suma 0-11)	SUMA 'b'												
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	5
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5
S	0	0	0	0	1	3	2	0	1	0	0	0	0	1	3	5
SSW	6	49	10	78	9	63	9	61	11	73	10	63	12	71	9	48
SW	22	197	19	154	17	125	16	106	14	73	14	92	12	59	17	50
WSW	2	14	1	4	3	16	3	12	4	19	5	22	4	17	1	4
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	4
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
WV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CLM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM	30	240	30	226	30	210	30	190	30	175	20	170	20	151	20	147

HORAS	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	ddd	ff		
ddd	(a)	(b)	(Suma 12-23)	SUMA 'b'												
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	2	4	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
ESE	4	13	1	6	2	9	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	16	95	20	99	17	95	11	46	5	12	0	0	0	0	0	0
SSE	3	14	7	24	9	44	17	98	16	21	14	25	5	25	1	4
S	2	11	2	12	1	7	1	4	6	27	2	22	0	49	11	74
SSW	2	11	0	0	0	0	0	2	20	12	22	16	144	17	154	21
SW	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	6	78	12	140
WSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CLM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM	30	144	30	151	30	159	30	152	30	169	30	194	30	227	30	241

N	0	0	0.0 :	NNE	1	2	2.0 :	NE	3	8	2.7 :	ENE	1	3	3.0 :	E	7	15	2.1 :
ESE	13	49	3.7 :	SE	76	273	4.9 :	SSE	79	414	5.3 :	S	53	211	5.9 :	SSW	217	1650	7.6 :
SW	237	1744	7.4 :	WSW	26	124	4.8 :	W	2	6	3.0 :	WNW	1	1	1.0 :	WV	1	1	1.0 :
WNW	3	8	2.7 :	CLM	1														

SUMA (ddd) = 720

SUMA (ff) = 4710

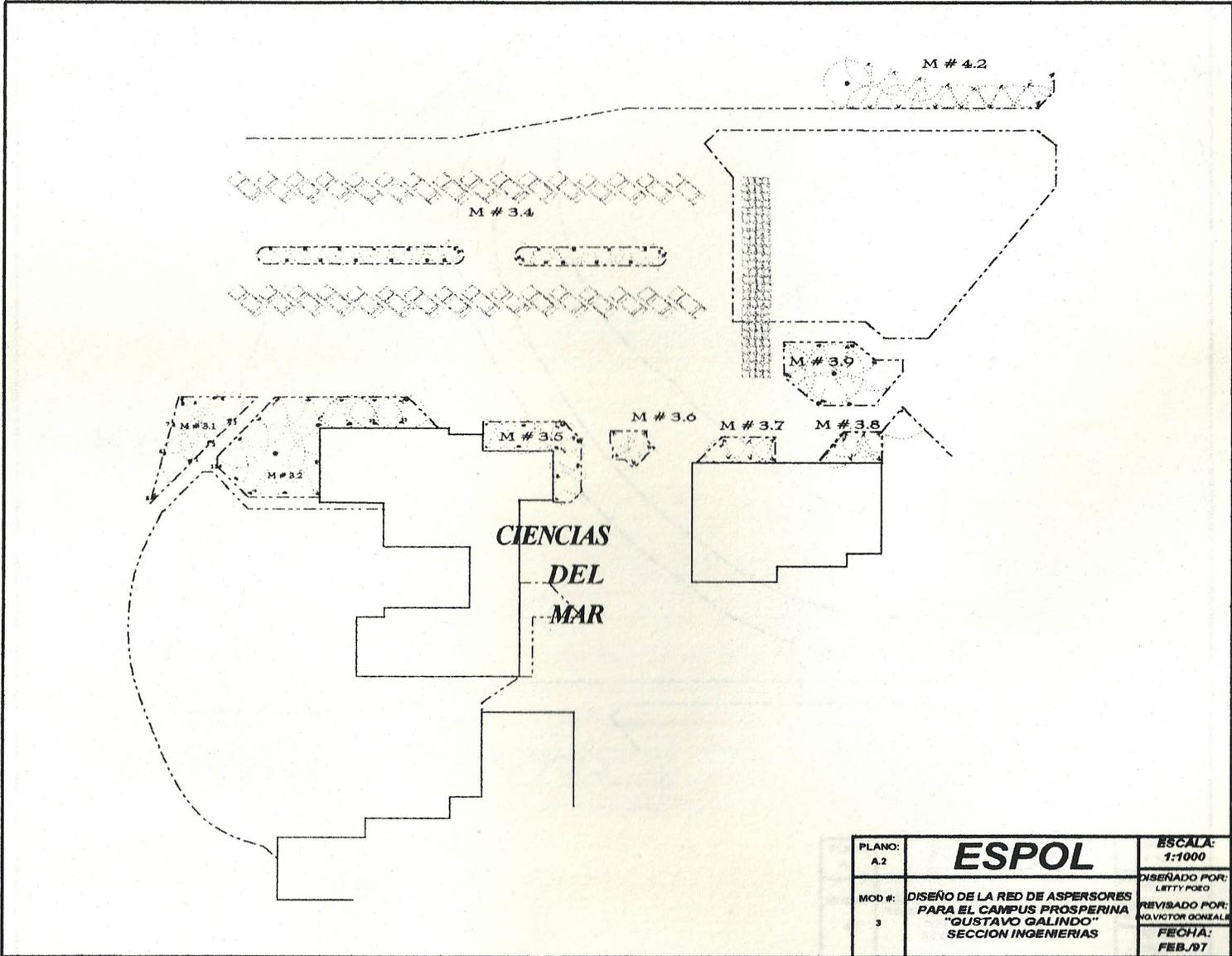
HECIA TOTAL = 6.5

***ANEXO 3***



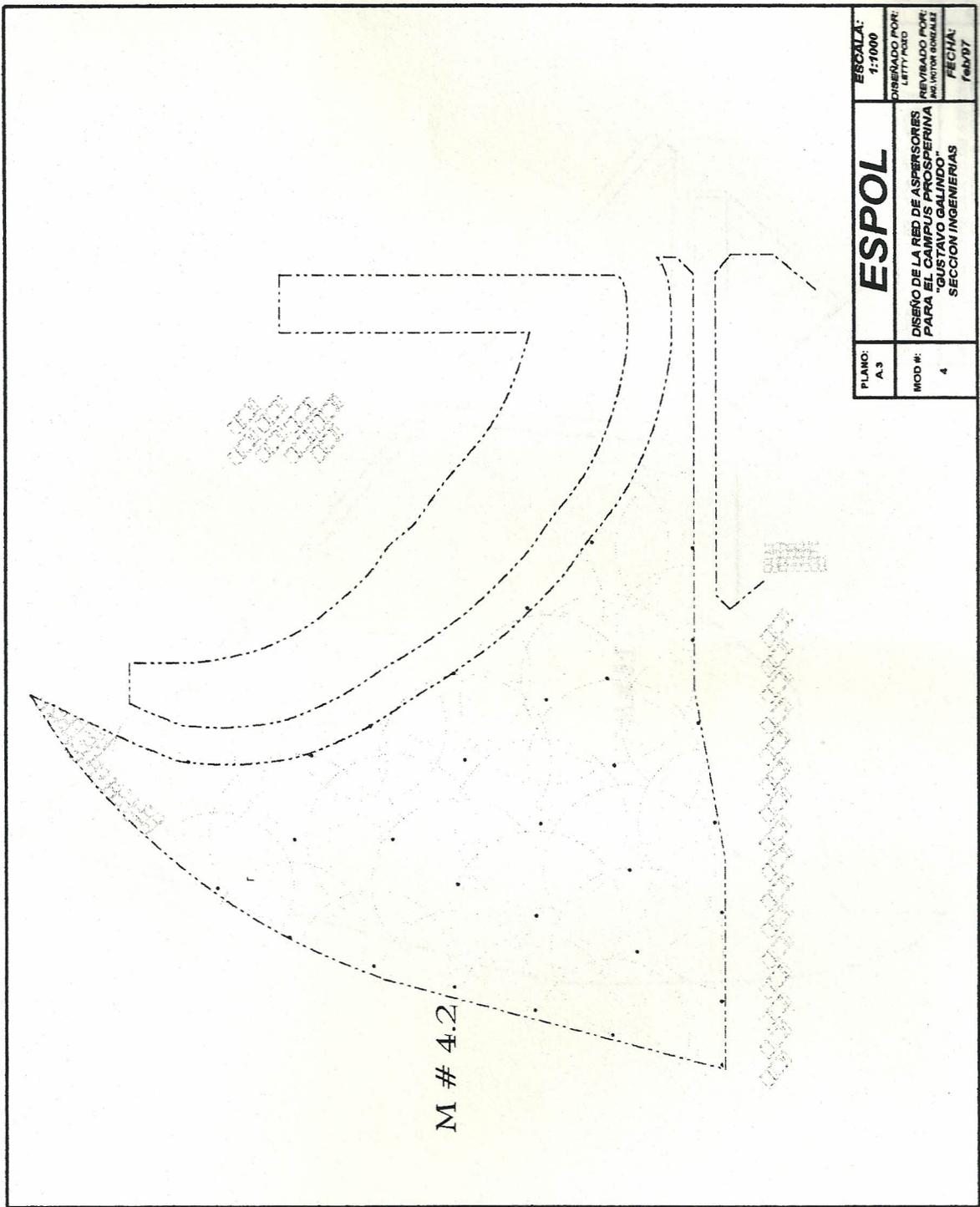
----- LINEA DIVISION DE ZONAS

PLANO: A.1	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1250
ZONAS: M1-1; M 1-2 M1-3; M 2-1		DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS		FECHA: FEB./97

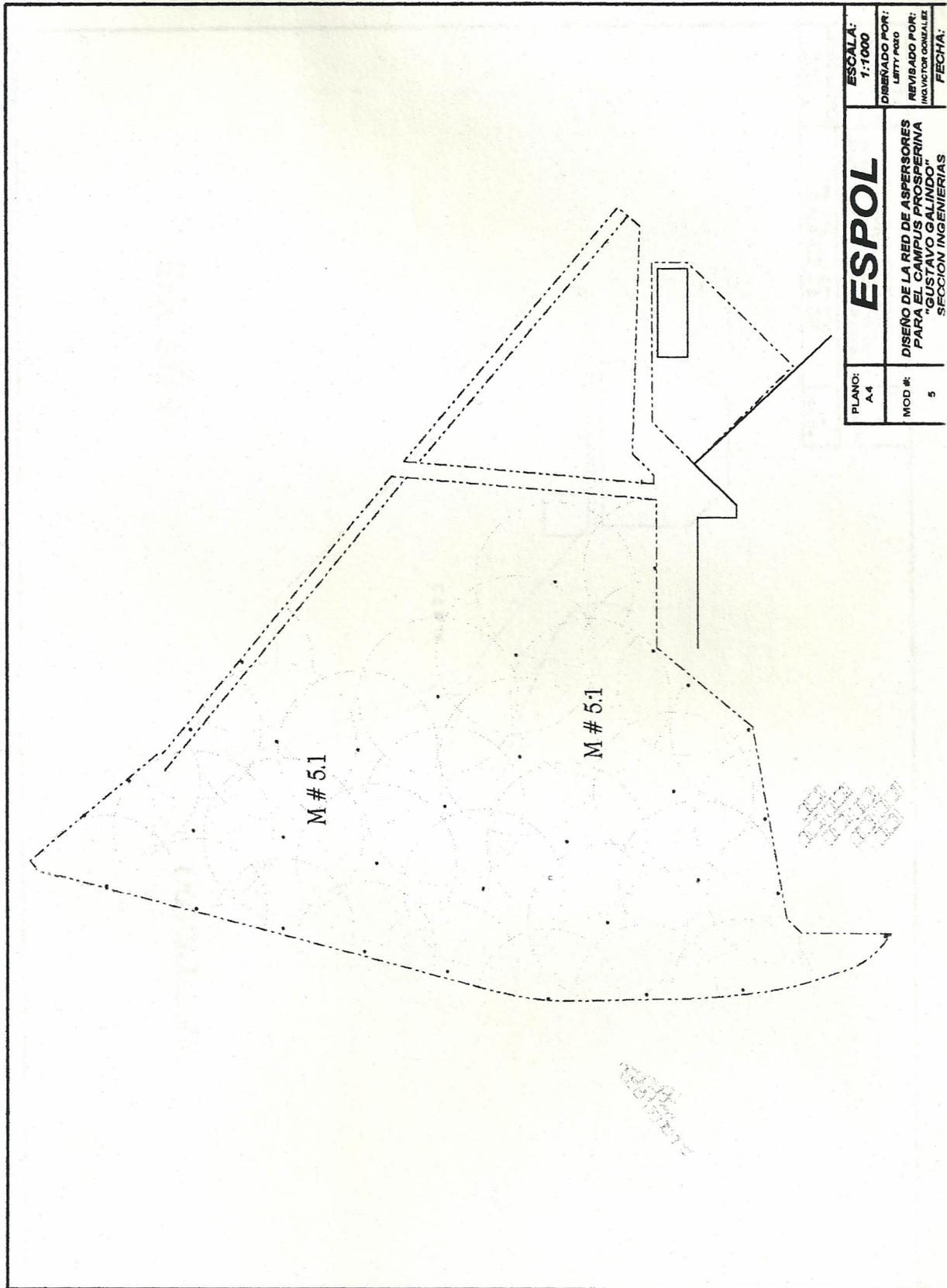


**CIENCIAS  
DEL  
MAR**

PLANO: A.2	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1000
MOD #: 3	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB./07

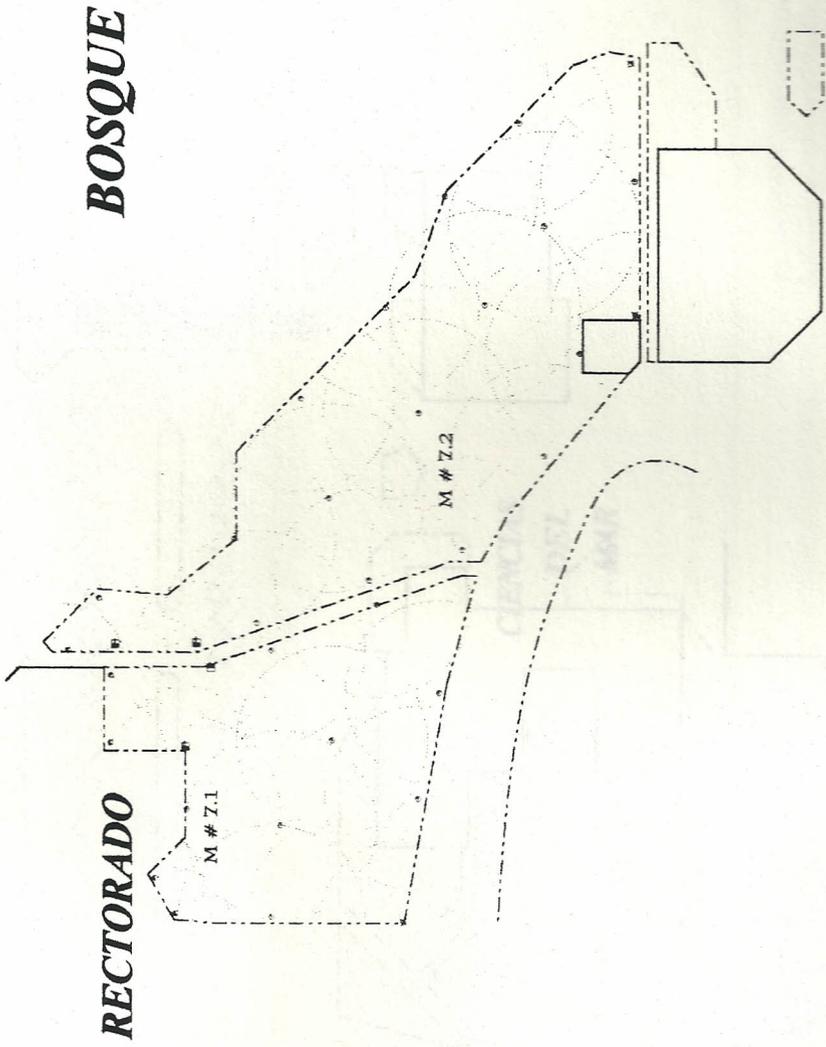


ESCALA:	1:1000
DISEÑADO POR:	LETTY POZO
REVISADO POR:	ING. VICTOR BORGALLE
FECHA:	FEB/97
PLANO:	A.3
MOD #:	4
<b>ESPOL</b>	
DISEÑO DE LA RED DE ASPERSONES PARA EL CANAL "LOS PANDERINA" DEL CANTÓN "EL GUANO" SECCION INGENIERIAS	

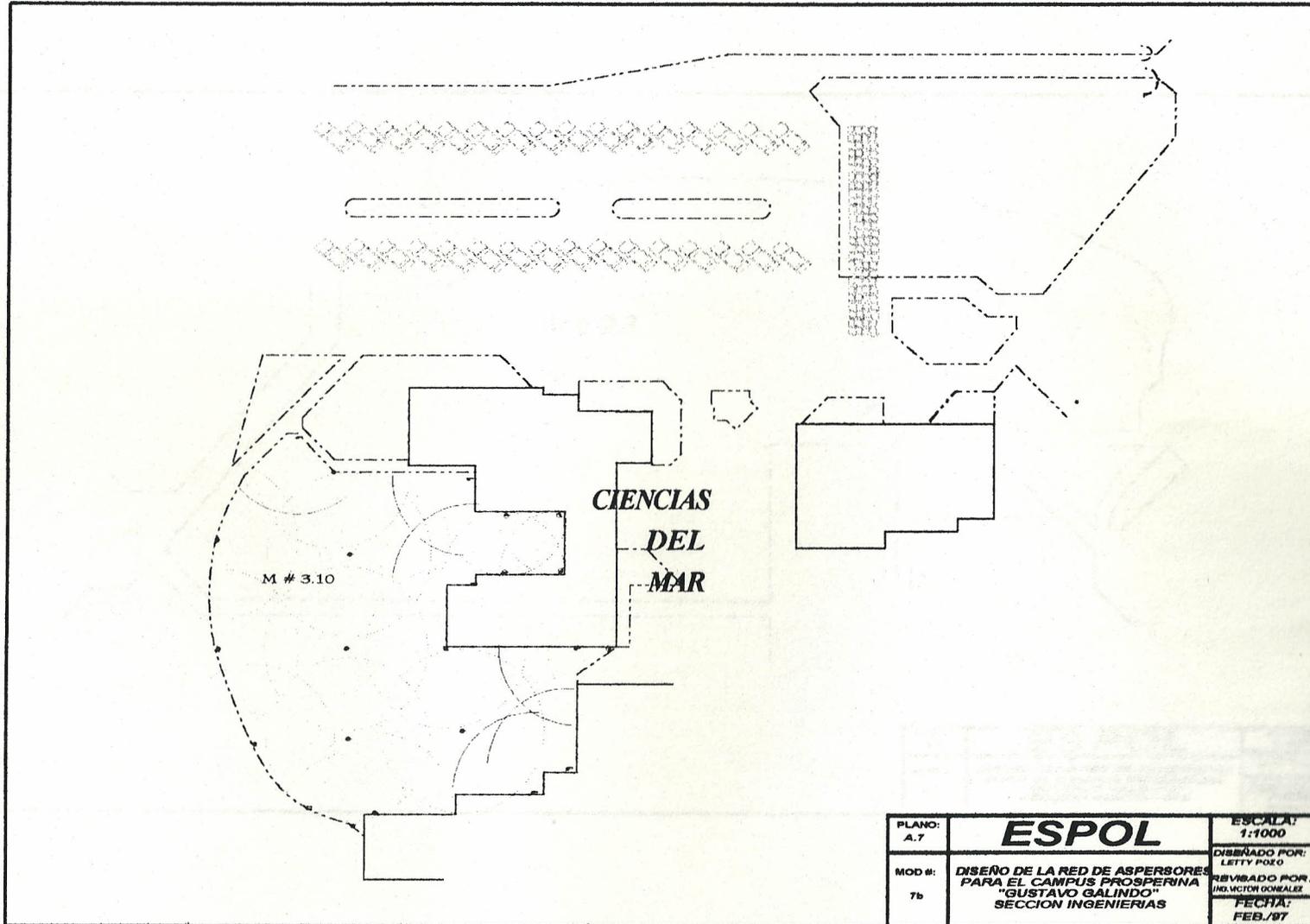


PLANO: A-4	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1000
MCD #: 5		DISEÑADO POR: LETTY PAGO REVISADO POR: INDIVECTOR GOMEZ FECHA:

DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES  
PARA EL CAMPUS PROSPERINA  
"GUSTAVO GALINDO"  
SECCION INGENIERIAS



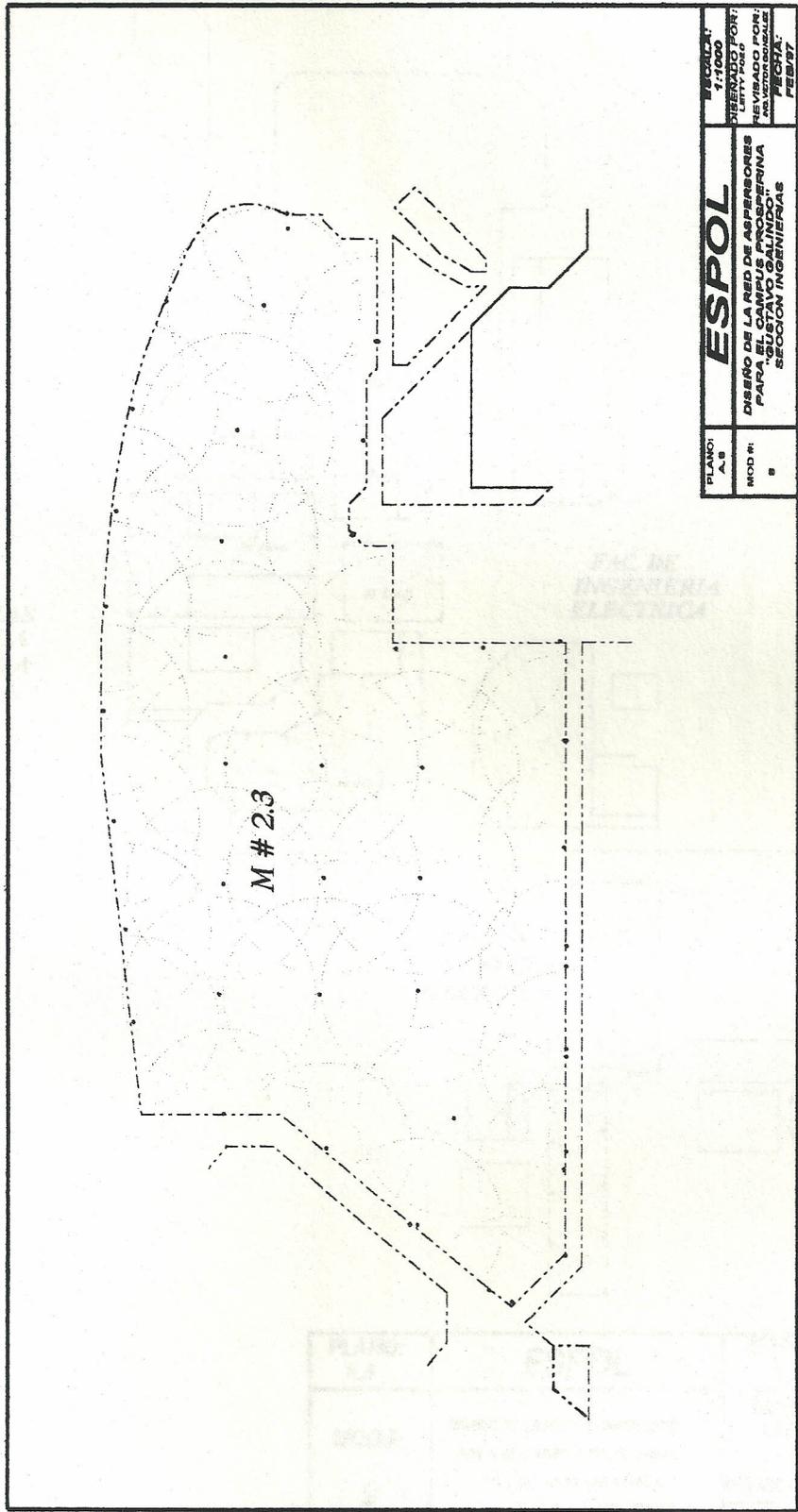
PLANO: A.B	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1000
MOD #: 7a	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSIONES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO". SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: LETTY POZO
		REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB/97



**CIENCIAS  
DEL  
MAR**

M # 3.10

PLANO: A.7	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1000
MOD #: 7b		DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO", SECCION INGENIERIAS
		DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICIOM GONZALEZ FECHA: FEB./97

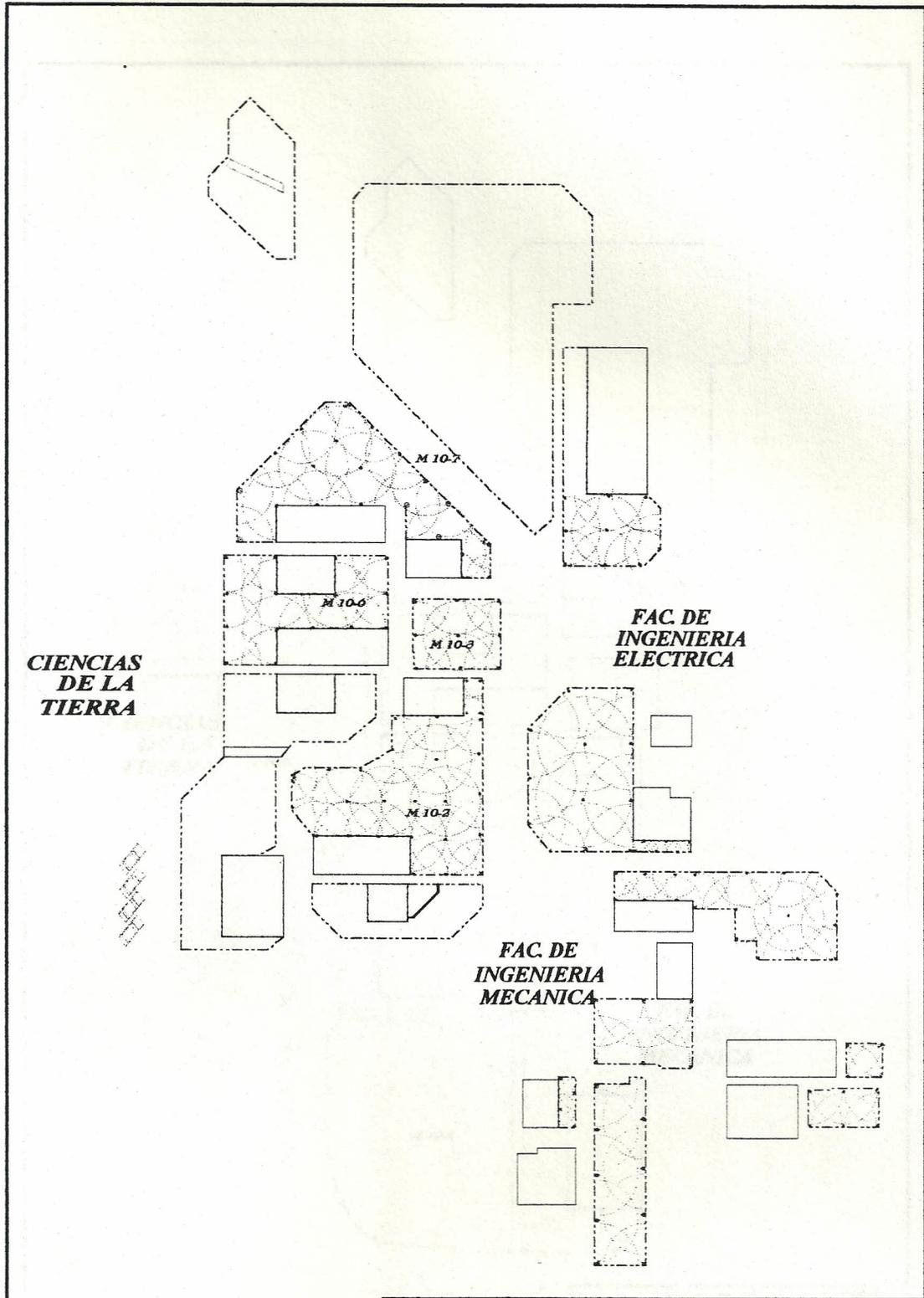


PLANO:	ESPOL	ESCALA:	1:1000
MOD. N°:	0	DISEÑADO POR:	LIBRY ROSA
		REVISADO POR:	INGENIERO EN ELECTRICIDAD
		FECHA:	FEB/97

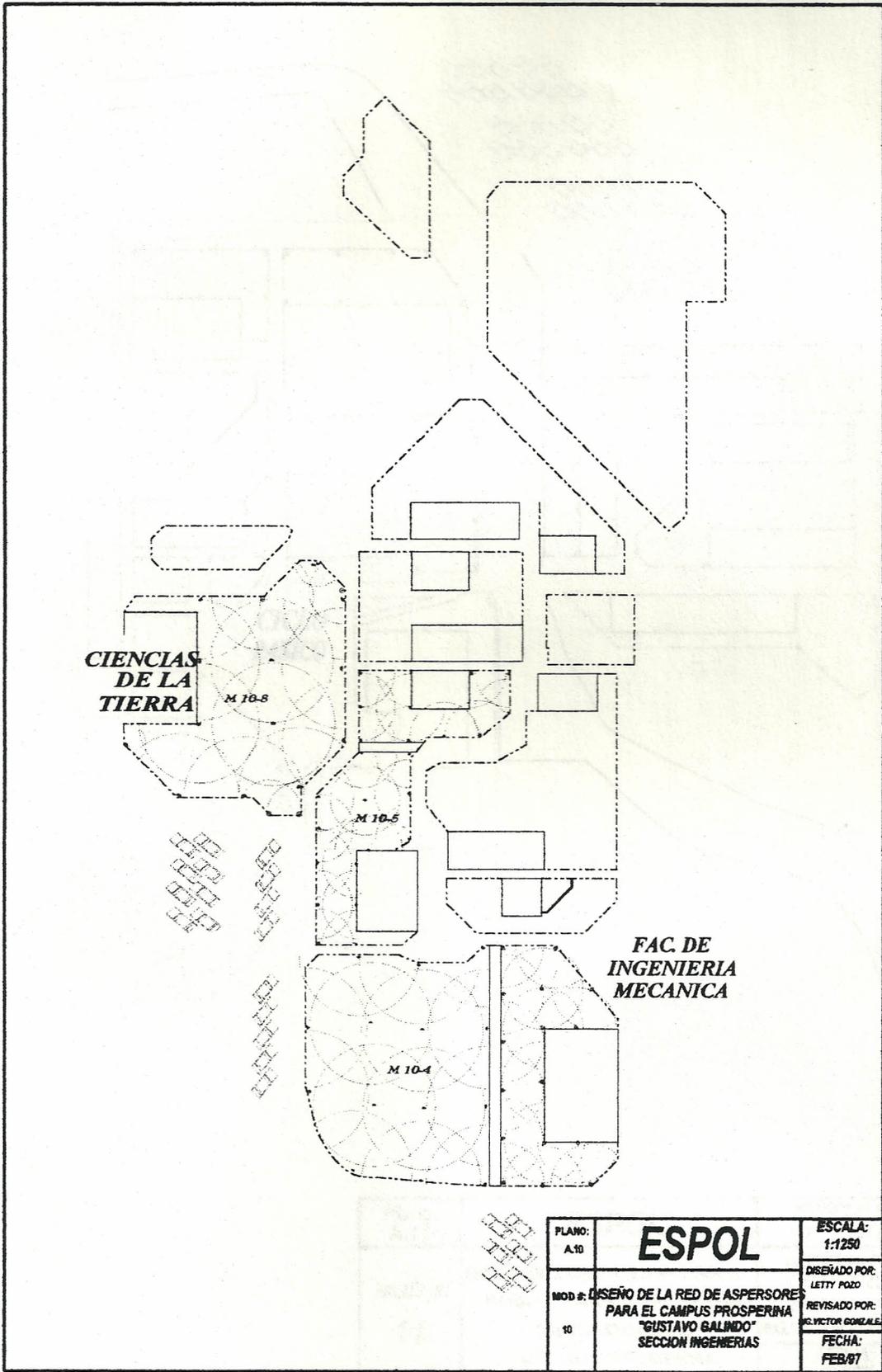
DISEÑO DE LA RED DE ASPIRADORES  
 PARA EL CAMPUS PROSPERINA  
 SECCION INGENIERIAS

M # 2.3

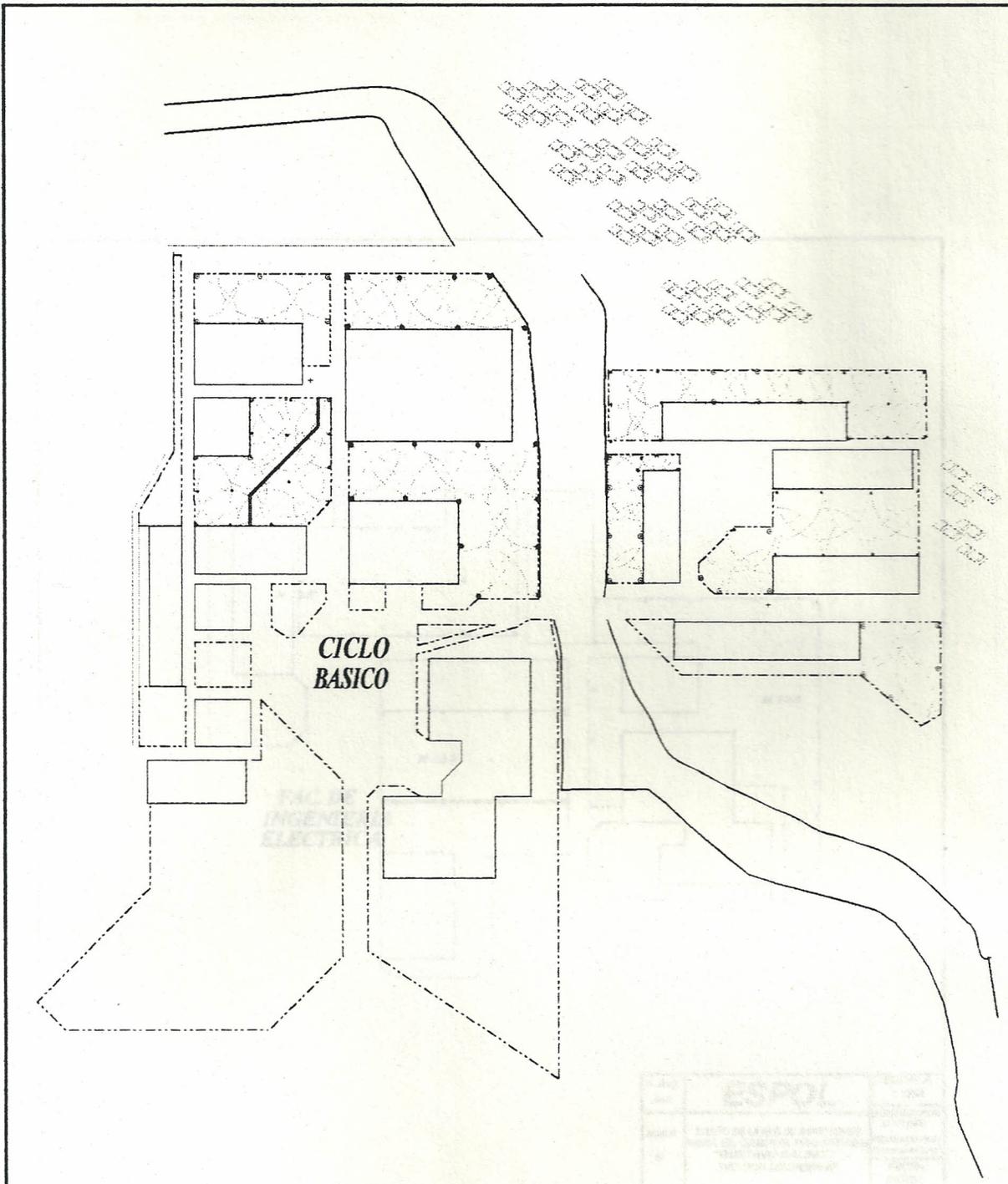
FACULTAD DE INGENIERIAS  
ELECTRICA



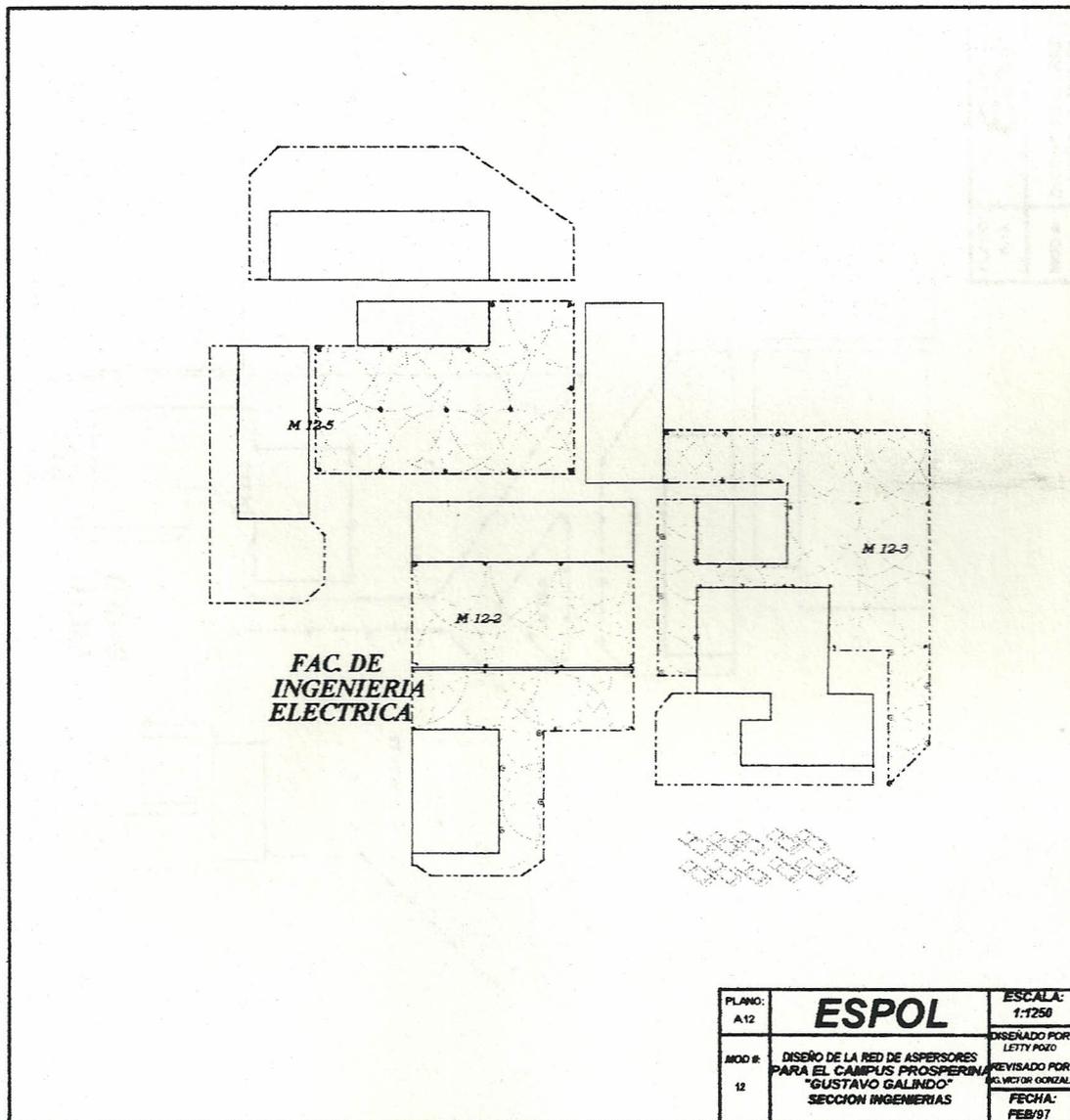
<b>PLANO:</b> A.9	<b>ESPOL</b>	<b>ESCALA:</b> 1:1250
<b>MOD. #:</b> 9	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB./97

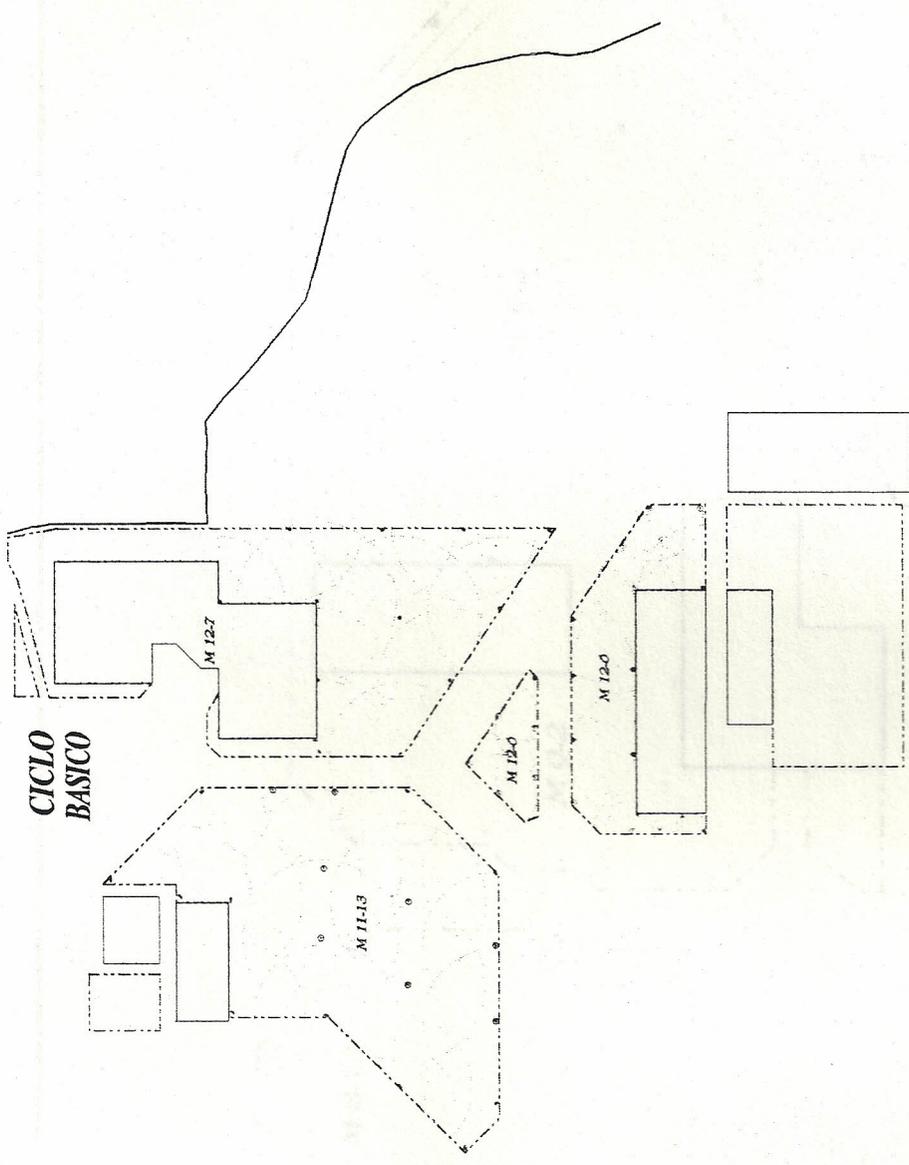


PLANO: A.10	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1250
MOD. n.º: 10		DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS
		DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB/87



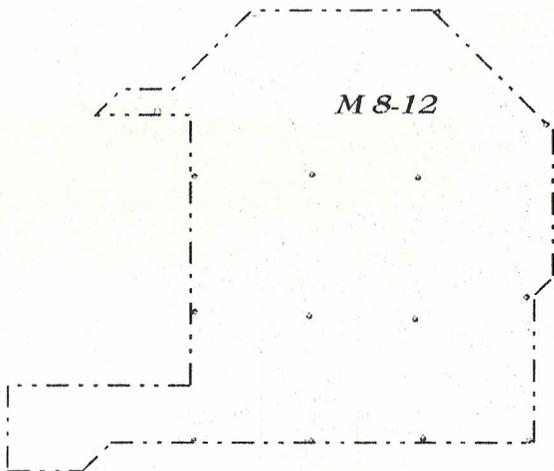
<b>Plano:</b> <b>A.11</b>	<b>ESPOL</b>	<b>ESCALA:</b> <b>1:1250</b>
<b>MOD. #:</b>  <b>11</b>	<b>DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES          PARA EL CAMPUS PROSPERINA          "GUSTAVO GALINDO"          SECCION INGENIERIAS</b>	<b>DISEÑADO POR:</b> <b>LETTY POZO</b> <b>REVISADO POR:</b> <b>ING.VICTOR GONZALEZ</b>  <b>FECHA:</b> <b>FEB/97</b>



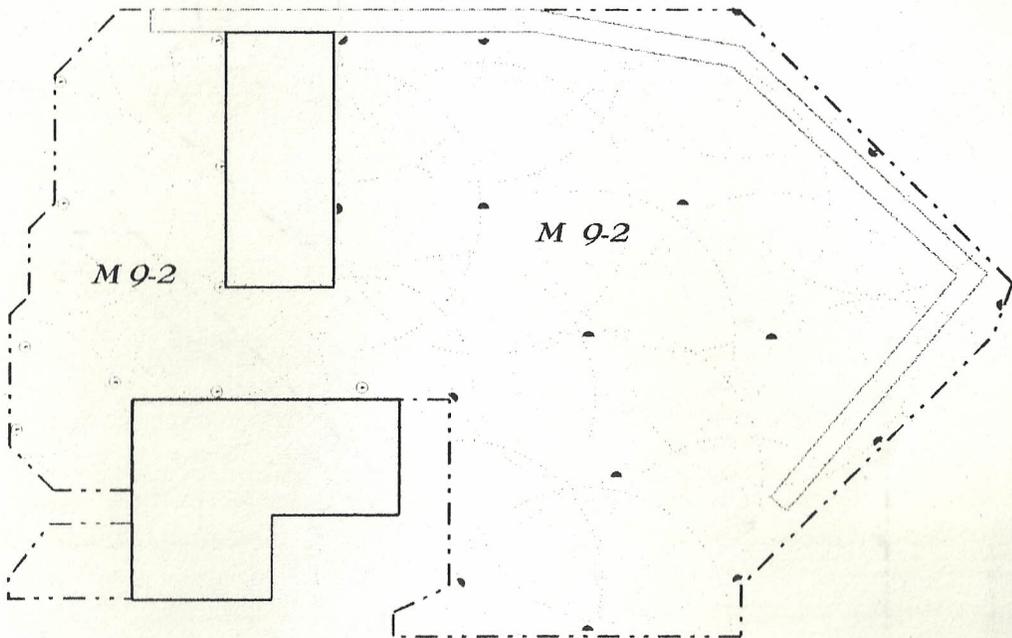


**CICLO  
BASICO**

PLANO: A.13	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1250
MOD #: 13	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: LETTY POZO REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB/97



M 8-12



M 9-2

M 9-2

PLANO:  
A-14

**ESPOL**

ESCALA:  
1:625

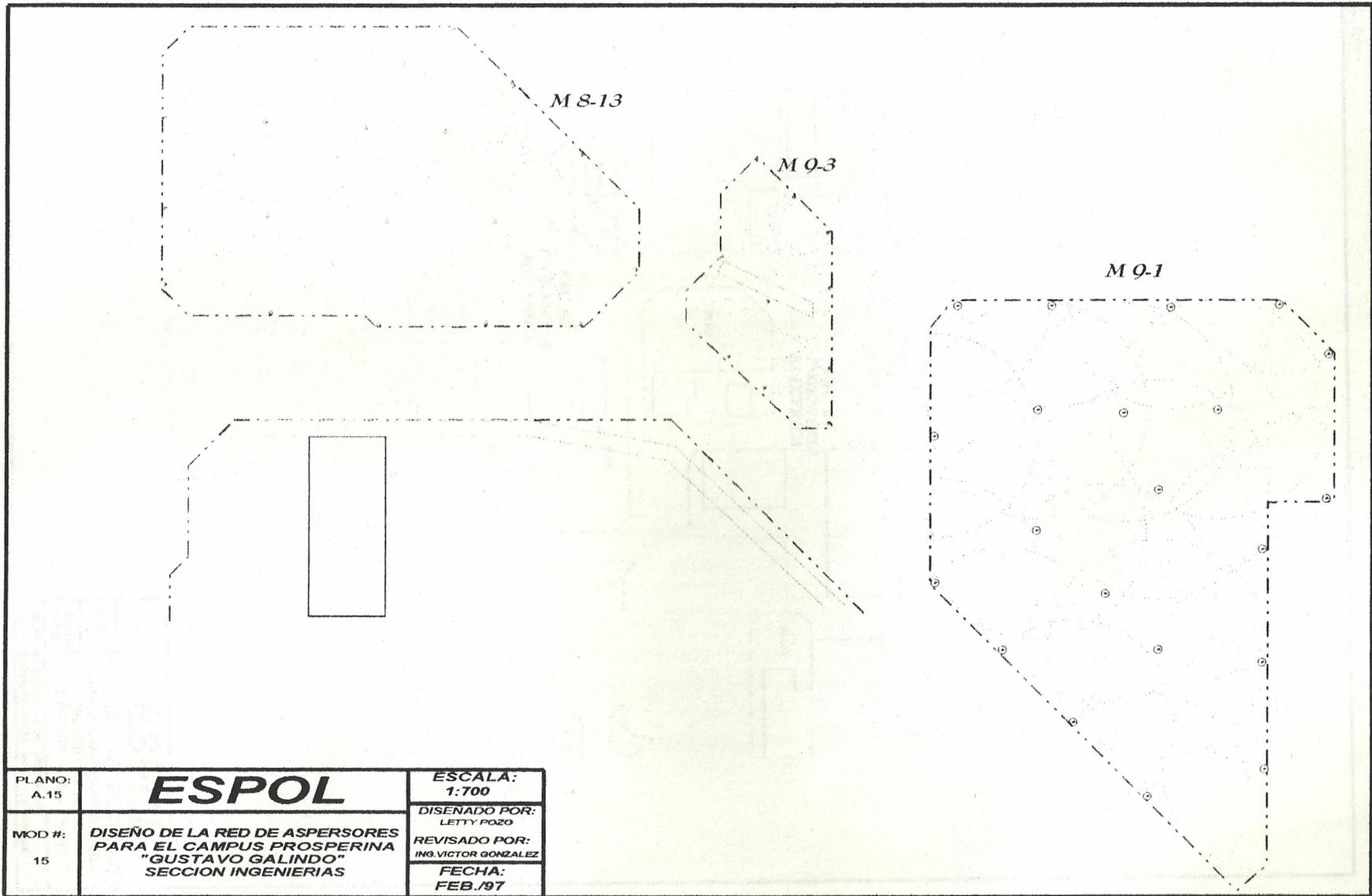
MOD #:  
14

DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES  
PARA EL CAMPUS PROSPERINA  
"GUSTAVO GALINDO"  
SECCION INGENIERIAS

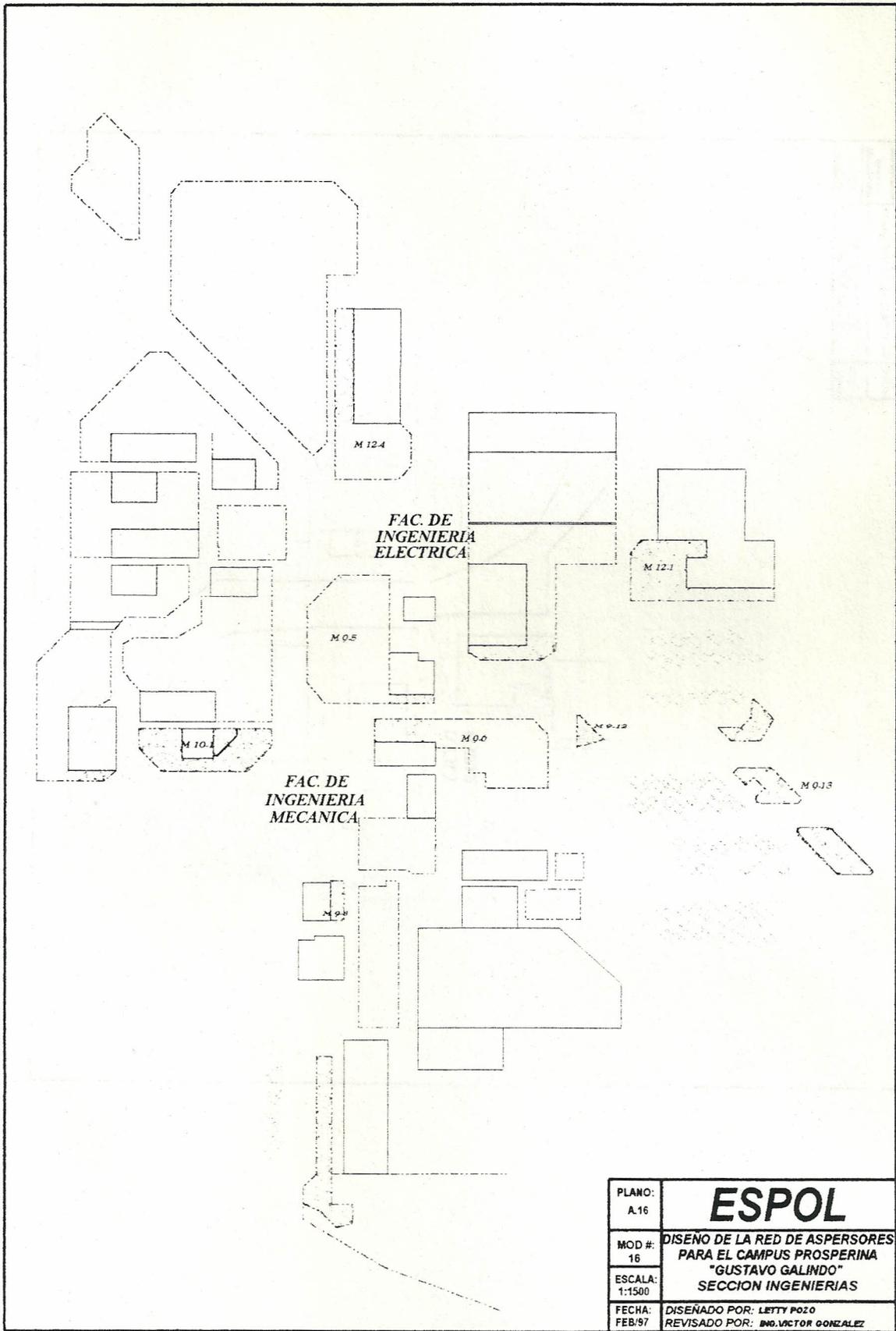
DISEÑADO POR:  
LETTY POZO

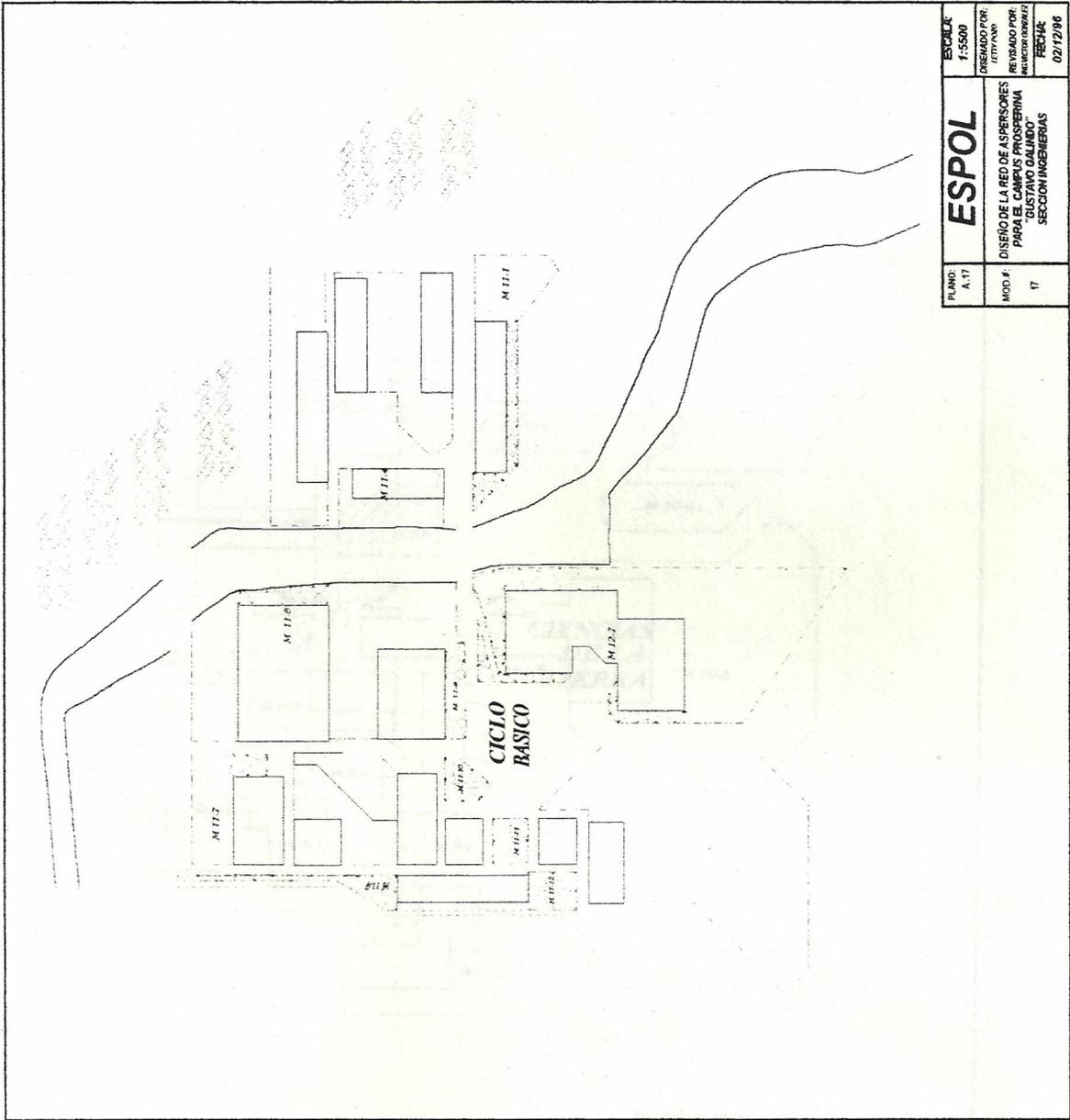
REVISADO POR:  
ING. VICTOR GONZALEZ

FECHA:  
FEB/97

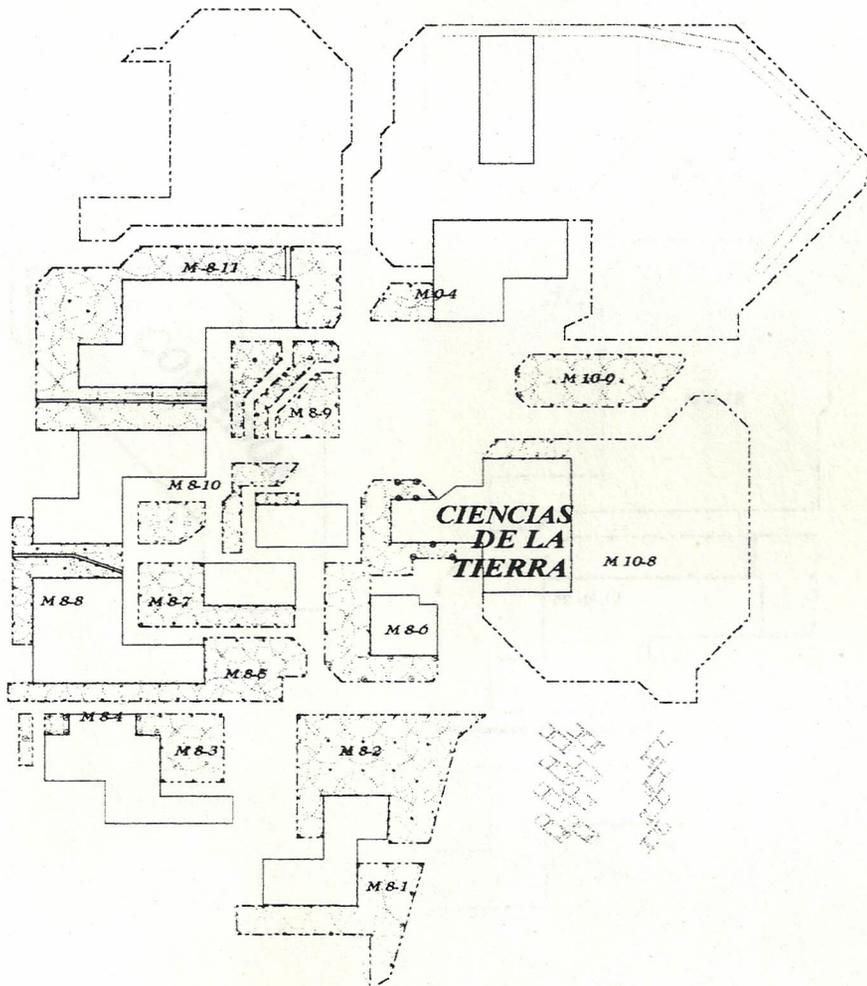


PLANO: A.15	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:700
MOD #: 15		DISEÑADO POR: LETTY POZO
	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB./97

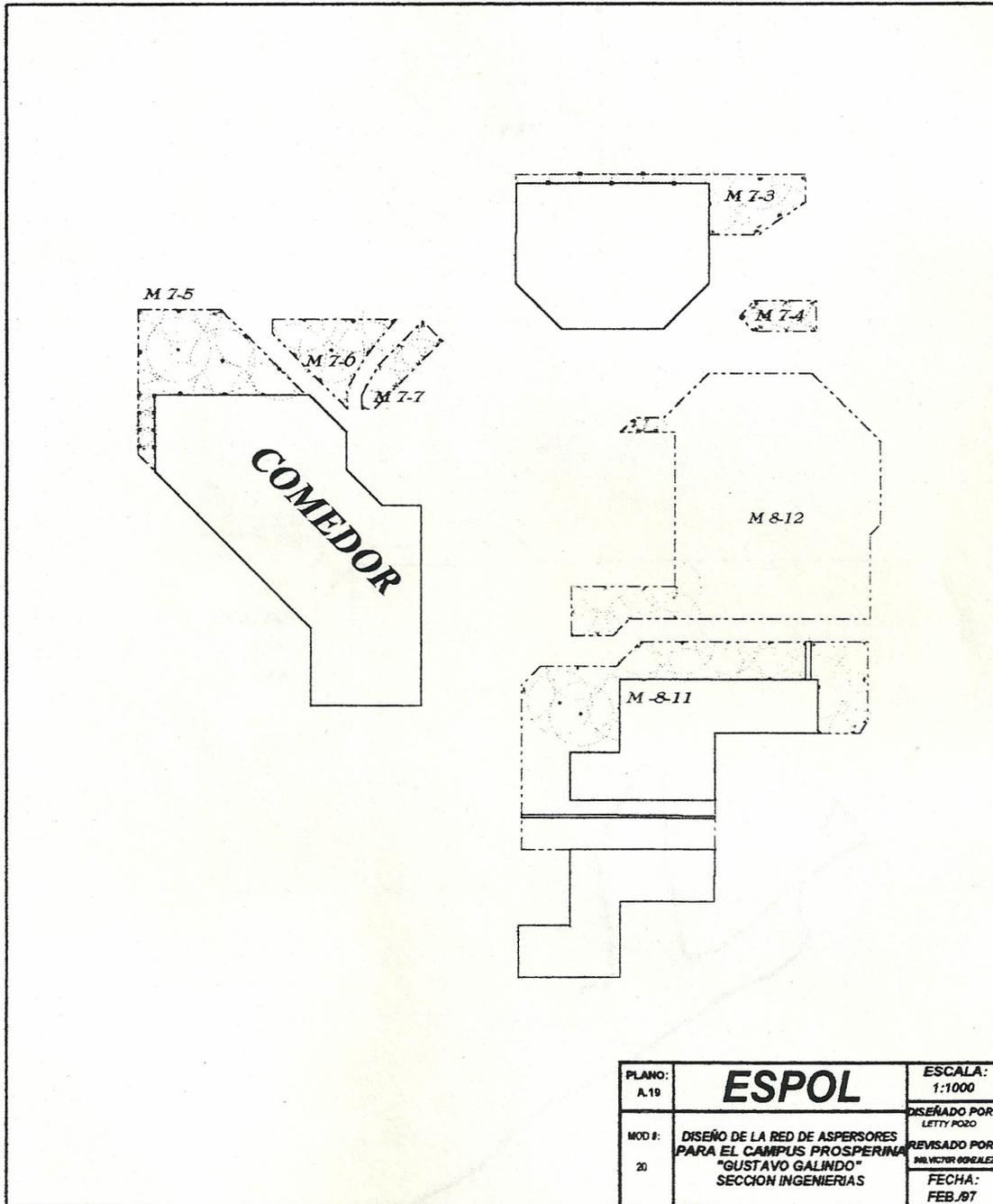




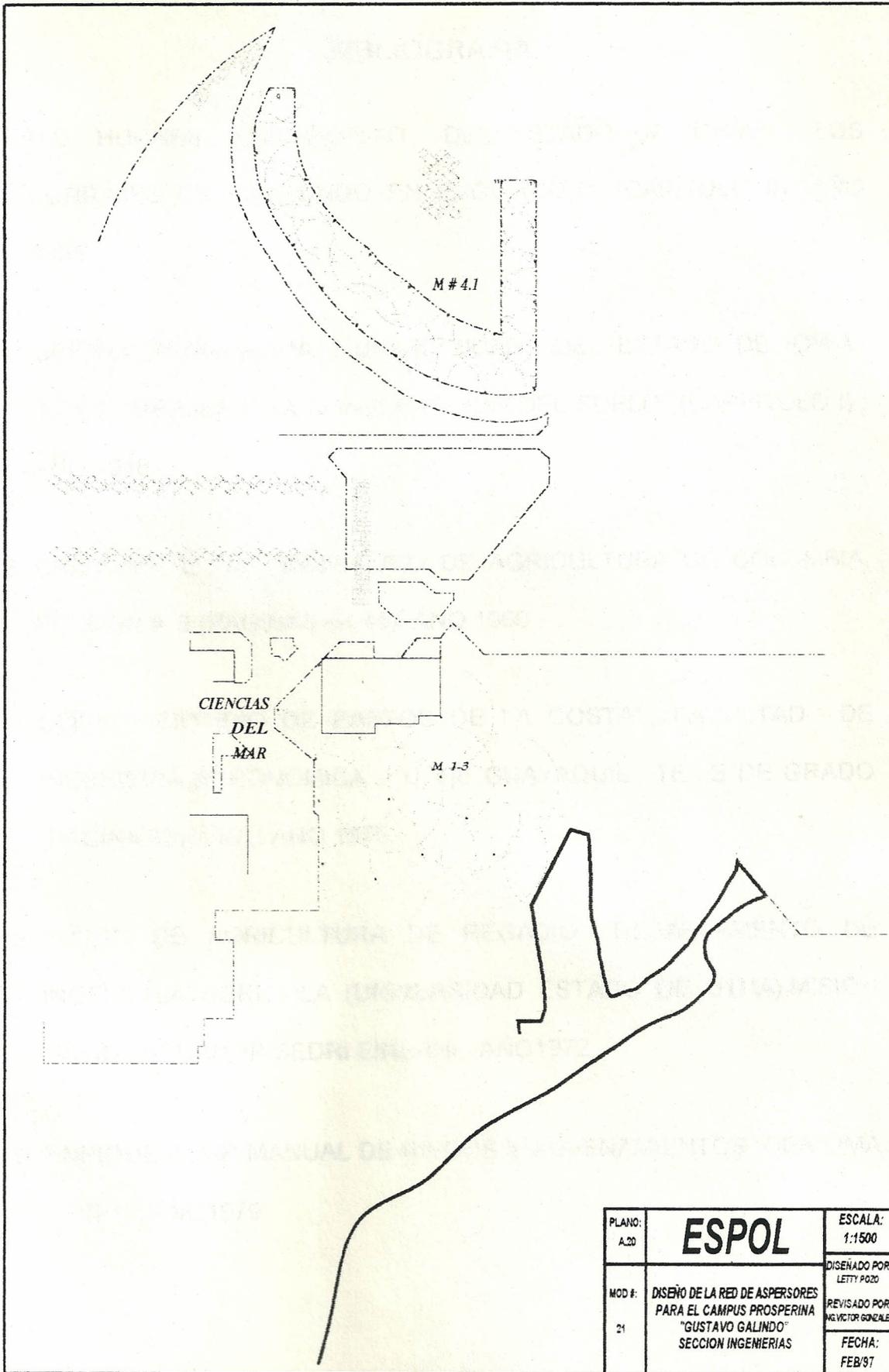
PLANO	ESPOL	ESCALA
A.17		1:5000
MOD. #	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO"	DISEÑADO POR: REVISADO POR: AUTORIZADO POR:
17	SECCION INGENIERIAS	FECHA: 02/12/96



PLANO: A.16	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1250
MOD #: 16 y 19	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	DISEÑADO POR: LETTY P20 REVISADO POR: HE VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB/97



PLANO: A.19	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1000
MOD #: 20		DISEÑADO POR: LETTY POZO
	DISEÑO DE LA RED DE ASPERSORES PARA EL CAMPUS PROSPERINA "GUSTAVO GALINDO" SECCION INGENIERIAS	REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ
		FECHA: FEB./87



PLANO: A.20	<b>ESPOL</b>	ESCALA: 1:1500
MOD #: 21		DISEÑADO POR: LETTY P020 REVISADO POR: ING. VICTOR GONZALEZ FECHA: FEB/97

## BIBLIOGRAFIA

1. H.D. HUGHES ; UNIVERSIDAD DEL ESTADO DE IOWA ; "LOS FORRAJES EN UN MUNDO EN EVOLUCIÓN" (CAPÍTULO II); AÑO 1954.
2. GEORGE M.BROWNING ; UNIVERSIDAD DEL ESTADO DE IOWA ; "LOS FORRAJES Y LA CONSERVACION DEL SUELO" (CAPITULO I) ; AÑO 1948.
3. CROWDER L. V. ; MINISTERIO DE AGRICULTURA DE COLOMBIA, BOLETIN # 8 (PÁGINAS 44-45); AÑO 1960 .
4. CSIRO ; "ESTUDIO DE PASTOS DE LA COSTA" ; FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA , U. DE GUAYAQUIL ; TESIS DE GRADO (PAGINA 102-110) ; AÑO 1975.
5. CURSO DE AGRICULTURA DE REGADIO ; DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA (UNIVERSIDAD ESTADO DE UTAH), MISION USAID - ECUADOR, SEDRI EINERHI ; AÑO 1972.
6. ENRIQUE BLAIR MANUAL DE RIEGOS Y ADVENAMIENTOS ; OEA LIMA - PERU ; AÑO 1979.

7. MANUAL DE LA F.A.O ; "NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS" ;  
AÑO 1975.
8. MANUAL DE LA F.A.O ; "CALIDAD DE AGUA" ; EDITORIAL F.A.O ; AÑO  
1968.
9. MANUAL DE LA F.A.O ; "RIEGO POR ASPERSION" ; EDITORIAL DE LA  
F.A.O ; AÑO 1970.
10. THORNTHWAITE, C.W. ; "CLIMATE IN RELATION TO PLANTING  
AND IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS" ; DREXEL INSTITUTE ;  
VOL. 5 AÑO 1955.
11. MANUAL DE RIEGO POR ASPERSION ; RAIN BIRD ; AÑO 1995.