

TESIS CON
FALLAS DE ORIGEN

1 de 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROYECTO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO
DE UNA FABRICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:
HUMBERTO ACEVEDO MARQUEZ

MEXICO, D. F.

1986.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

| | PAG |
|--|-----|
| <u>I</u> INTRODUCCION ----- | 1 |
| <u>II</u> ESTUDIOS PREVIOS ----- | |
| 2.1 Descripción de un sistema de rociadores ----- | 4 |
| 2.2 Clasificación de los sistemas contra incendio ----- | 5 |
| 2.3 Clasificación del riesgo ----- | 7 |
| 2.4 Espaciamiento y localización de rociadores ----- | 9 |
| 2.5 Selección de rociadores ----- | 13 |
| 2.6 Protección auxiliar al sistema de rociadores ----- | 15 |
| 2.7 Aplicación ----- | 17 |
| | |
| <u>III</u> PROYECTO HIDRAULICO | |
| 3.1 Métodos para el diseño de sistemas de rociadores contra incendios. ----- | 24 |
| 3.1.1 Instalación de rociadores basada en su número y diámetro de tubería. ----- | 25 |
| 3.1.2 Instalación de rociadores basada en sistema hidráulicamente diseñado. ----- | 29 |
| 3.2 Método de Hardy-Cross ----- | 34 |
| 3.3 Aplicación ----- | 38 |
| 3.3.1 Sistema de rociadores en la zona A ----- | 38 |
| 3.3.2 Red de alimentación general ----- | 42 |
| 3.3.3 Sistema de rociadores en la zona B ----- | 43 |
| 3.3.4 Cantidades de Obra ----- | 45 |
| Plano (Red contra incendio) ----- | 56 |

| | |
|--|------|
| <u>IV</u> PROYECTO ELECTROMECHANICO Y CALCULO ESTRUCTURAL | PAG. |
| 4.1 Proyecto electromecánico ----- | 62 |
| 4.2 Cálculo estructural (cisterna) ----- | 65 |
| <u>V</u> CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ----- | 82 |

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

La protección contra incendios en las industrias, resultan ser una necesidad vital para su seguridad y desarrollo. La prevención es de primordial importancia, ya que los incendios ocasionan pérdidas de dinero y vidas humanas. El empleo de un sistema extinguidor automático proporciona una acción rápida para combatir o apagar un incendio. Cuando está debidamente revisado y atendido, podrá confiarse en tal sistema. Hay diversos tipos de sistemas extinguidores automáticos: de lluvia artificial, de espuma, con agentes químicos secos, con dióxido de carbono, etc. Dentro de estos métodos de extinción, destacaremos el sistema a base de rociadores automáticos (sistema de lluvia artificial), que es el tema de este trabajo.

Los sistemas de lluvia artificial (sistemas de rociadores) se usaron por primera vez en instalaciones industriales alrededor del año 1850. A partir de entonces ha habido un enorme refinamiento del diseño y la eficiencia de los sistemas de lluvia artificial. El sistema automático de lluvia artificial es el más importante de todos los dispositivos para combatir incendios. Existen normas de la National Fire Protection Association (NFPA) de los Estados Unidos de América, para todas las instalaciones de lluvia artificial y en México las normas son de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) que están basadas en las de la NFPA.

Un sistema a base de rociadores, comprende todos los elementos necesarios para combatir el siniestro desde la fuente que resulte más adecuada, tanto en el aspecto técnico como económico, así como las tuberías de distribución, válvulas de alarma o dispositivos detectores de incendio, hasta las boquillas rociadoras y el uso de bombas para proporcionar la presión requerida.

Los sistemas rociadores de agua se usan para proteger edificios y depósitos contra el riesgo de exposición a incendios cercanos, y para controlar incendios de líquidos inflamables en torno a lugares de almacenamiento, o para combatir incendios de materiales combustibles comunes en lugares de almacenamiento.

Seleccioné este tema con la idea de agrupar los diferentes elementos necesarios para la elaboración del proyecto de un sistema - contra incendios en una fábrica y considero que este trabajo será de gran ayuda en la solución de tales problemas, ya que en él me propongo exponer la forma de aplicar la teoría en un caso práctico.

OBJETIVO

El sistema contra incendio, que se expone en este trabajo, es a base de rociadores automáticos por lo que el objetivo es; que el lector adquiera una idea somera de este tipo de instalaciones contra incendio y los pasos básicos en la elaboración de un proyecto. De esta manera se pretende despertar interés en dicho tema y por ende investigar sobre ello.

ALCANCES DE LA TESIS

El trabajo se desarrolla por capítulos, cuyo contenido se indica a continuación en forma sucinta.

Capítulo II

Estudios Previos. En este capítulo se presenta una breve descripción del sistema contra incendio a base de rociadores, posteriormente se indica los estudios básicamente necesarios para la elaboración de tal sistema, con ayuda de un caso en particular.

Capítulo III

Proyecto Hidráulico. En función de los datos del capítulo anterior se realizan los cálculos hidráulicos del sistema contra incendio.

en forma iterativa, diseñando los diámetros requeridos para la red, cotas piezométricas y cargas disponible.

Capítulo IV

Proyecto Electromecánico y Cálculo Estructural. De acuerdo al resultado hidráulico se determina el equipo de bombeo requerido, además, se presenta en forma general el cálculo estructural de la fuente de abastecimiento seleccionada. Cabe mencionar que la parte correspondiente al proyecto electromecánico se desarrolla someramente por ser un estudio de ingeniería mecánico-electricista.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones. Como parte final de este trabajo, se dan conclusiones y recomendaciones del tema que se desarrolla en esta tesis.

CAPITULO II
ESTUDIOS PREVIOS

En este capítulo se comienza con una breve descripción del sistema de rociadores automáticos contra incendio, subsecuentemente se presentan los estudios previos básicos para la realización del proyecto de dicho sistema y la aplicación a un caso particular.

2.1 Descripción de un Sistema de Rociadores.

En forma general se puede decir que un sistema de rociadores automáticos, para protección contra incendio, consiste de un sistema integrado de tubería subterránea y elevada, de los rociadores, una fuente de abastecimiento de agua y un equipo electromecánico. A continuación se define someramente cada componente, de acuerdo al reglamento de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS).

-Tubería de Abastecimiento (Elevada), se clasifica en 4 tipos:-

- 1).- ALIMENTADOR VERTICAL.- Es el tubo de abastecimiento vertical en los sistemas de rociadores, conectado directamente a la tubería subterránea. También es llamado "SUBIDA".
- 2).- ALIMENTADORES PRINCIPALES.- Son las tuberías horizontales primarias, abastecidas directamente por el alimentador vertical. También son llamadas "ALIMENTADORAS".
- 3).- ALIMENTADORES TRANSVERSALES.- Son las tuberías horizontales secundarias, abastecidas por los alimentadores principales. También son llamadas "CRUCEROS".
- 4).- RAMALES.- Son las líneas de tuberías unidas a los alimentadores transversales, en los cuales los rociadores son directamente instalados.

ROCIADORES.- El rociador contra incendio es el artefacto que se adapta a los "RAMALES" por medio de una conexión roscada y esta provisto de un elemento fusible que reacciona a una alta temperatura, lo que permite abrir el rociador y descargar el agua, rociando así el área incendiada.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO.- La fuente debe ser destinada exclusivamente al uso del sistema de rociadores automáticos y pueden ser Tanques Elevados, cisternas y recipientes a presión o hidroneumáticos.

EQUIPO ELECTROMECHANICO.- Es el conjunto de bombas y sistema eléctrico cuyo papel, no menos importante, es hacer funcionar adecuadamente el sistema en caso de incendio.

2.2 Clasificación de los Sistemas,

Los sistemas de rociadores aceptados por el reglamento de la AMIS, son; de Tubo Húmedo", "Tubo Seco", "Preacción" e "Inundación". A continuación se describe someramente cada uno de ellos.

Tubo Húmedo

Todo el sistema está lleno de agua y provisto de boquillas tapadas con un material fusible. Cuando se funde el elemento fusible de una de las boquillas del sistema, dichas boquillas descargan agua sobre la extensión que tiene debajo y, al mismo tiempo, el dispositivo detector de corriente de agua hace sonar la alarma. El sistema de este tipo sólo puede usarse en lugares calientes o en climas en los que no exista peligro de congelación.

Tubo Seco

En este tipo de sistema los tubos contienen aire a presión hasta la válvula (denominada "válvula de tubería seca"), en el acoplamiento de la tubería seca. Cuando se funde el elemento fusible de una boquilla rociadora, se desvanece la presión del aire, la presión del agua abre la válvula y el agua corre hasta la boquilla abierta, descargándose por ella.

Este sistema es más tardado en regar agua sobre el fuego que el sistema de tubería húmedo, pero se le puede usar en lugares no calientes.

De Preacción

Este sistema contiene aire bajo una presión ligera, o a la presión atmosférica, hasta la válvula de diluvio instalada en la tubería. Todas las boquillas del sistema están tapadas. El sistema está activado por un dispositivo de detección de incendios, de respuesta al calor, más sensitivo que los rociadores automáticos, e instalado en las mismas áreas en que se localizan los rociadores, la activación del sistema detector abre la válvula, la cual permite al líquido fluir dentro del sistema de tuberías de rociadores y ser descargada por cualquier rociador que se haya abierto. El sistema de acción previa puede usarse en los mismos lugares en que se usan sistemas de tubería seca, y es de acción rápida.

De Inundación

Este sistema contiene aire a la presión atmosférica hasta la válvula de diluvio. Todas las boquillas rociadoras están destapadas.

El sistema se activa automáticamente por un detector de calor, instalado en la misma área de los rociadores, el cual abre la válvula de diluvio que permite el flujo de agua por las tuberías y descargar por todos los rociadores. Este sistema se emplea en lugares altamente riesgosos.

2.3 Clasificación del Riesgo.

Para efectos de reglamento de la AMIS los riesgos se clasifican en Ligeros, Ordinarios y Peligrosos. Se clasifican de acuerdo con el tipo de ocupación del predio.

RIESGOS LIGEROS Incluye: Escuelas, Hospitales, Librerías(excepto cuando tenga gran altura los estantes), Museos, Oficinas(incluyendo computadoras), Area de restaurant(excluyendo cocinas y bodegas).

RIESGOS ORDINARIOS I, Pueden ser: Estacionamientos, Pastelerías y Panaderías, Fábricas de Refrescos, Enlatadoras, Plantas de productos Electrónicos, Manufactura de Vidrio y derivados, Lavanderías Envasadoras de Prod. Lácteos.

RIESGOS ORDINARIOS II, Generalmente se refieren a: Envasado y Molino de Cereales; Plantas de Productos Químicos Ordinarios; Bodegas de Cuartos Fríos; Industrias del Vestido y Similares; Tenerías y Fábricas de Cuero; Imprentas y Editoriales; Hilados y Tejidos; Cigarreras; Fábrica de Muebles de Madera; Destilérías; Librerías (Estantes de gran altura); Industrias Metalmeccánicas.

RIESGOS ORDINARIOS III, Se considera: Fábricas y Molinos de papel Aserraderos; Muelles y Atracaderos; Talleres Mecánicos; Fábrica de llantas; Bodegas(con productos no excesivamente combustibles como papel, muebles, pinturas, licores).

RIESGOS PELIGROSOS: Incluyen aquellos que por la gran combustibilidad de contenidos, ameritan entrar en esta clasificación por tener; líquidos inflamables, polvo hilaza u otro material que permitirían fuegos que se propagarán muy rapidamente y generarían enormes cantidades de calor. Por ejemplo: Hangares de aviación, Batientes y abridores de algodón, Manufactura de explosivos y fuegos artificiales o pirotécnicos, Manufactura y proceso de plástico de celulosa y piroxilina, Refinerías, Talleres de vestiduras con espuma plástica.

Cualquier otro riesgo que involucre procesos, mezclado, almacenamiento y repartos de materiales inflamables y/o explosivos.

Para los riesgos Ordinarios, según AMIS, la altura máxima de las estibas de almacenamiento se limitarán a: Tipo I 4.0m, tipo II 3.0m y Tipo III 2.1m.

Cuando la altura de la estiba sea mayor de las indicadas, se deba considerar como riesgo Clase peligroso y diseñado como tal. A continuación, se presenta una serie de almacenamiento por categoría, dada por AMIS.

ALMACENAMIENTO DE GRAN ALTURA

RIESGOS CLASE PELIGROSO

Ejemplos de Almacenamientos

Categoría I:

Matales en tarima de madera.
Aparatos eléctricos.
Pacas de lana.
Alambre y cables electrónicos en carretes.

Ejemplos de Almacenamientos

Categoría II:

Productos de tabaco.
Comestible y cereales en sacos.
Vidrio, Cerámica.
Plásticos sin inflamables.
Ropa en casilleros.

Ejemplos de Almacenamientos

Categoría III:

Lacas en botes metálicos o de cartón.
Licores con 43° G.L. o más°.

licores farmacéuticos en botellas
y cajas de cartón.

Muebles de madera.

Alfombras con recubrimiento ahula
dos o plásticos.

Ejemplos de Almacenamientos

Categoría IV:

Artículos de hule.

Espuma de hule y productos ahula
dos.

Papel con recubrimiento de cera
o asfalto.

Rollos de papel y pulpa (amacena
dos verticalmente).

2.4 Espaciamiento y Localización de Rociadores.

Fundamentos Básicos.

Los fundamentos para proporcionar protección adecuada por medio de sistema de rociadores automáticos, son:

- a) Instalar los rociadores en toda el área de fuego.
- b) Definir el área máxima de protección por rociador, que está en función de la clasificación de riesgo, como veremos más adelante.
- c) Eliminar las interferencias para la descarga del rociador a causa de vigas, armazones, tuberías, accesorios de iluminación y ductos de aire acondicionado.
- d) Localizar correctamente los rociadores con respecto a techos, vigas y polines de madera para obtener una detección adecuada.

Tamaño del Sistema o Alimentación de Área

Antes de hacer la distribución de rociadores se tiene que definir el tamaño del Sistema o Alimentación de Área y debe cumplir con las siguientes limitaciones:

—Tanto en el caso de Riesgos Ligeros como en Riesgos Ordinarios, el área máxima a servir al sistema de rociadores por una "SUBIDA" es de 4830m^2 (52000 pies²), con excepción de los Riesgos Ordinarios cuando haya almacenamientos verticales mayores a los especificados en cuyo caso el área máxima aceptable será de 3716m^2 (40 000 pies²).

—Para Riesgos Peligrosos el área máxima de protección admitida por sistemas es de 2320m^2 , excepto en sistemas diseñados hidráulicamente donde el área no debe exceder de 3716m^2 .

—Cuando un sistema único alimenta tanto riesgos peligrosos como área de oficinas, servicios y similares, el área permitida para los riesgos peligrosos no deben de exceder de 3716m^2 y el área total cubierta no debe ser mayor de 4830m^2 .

Una vez definido el tamaño de los Sistemas o Area de Alimentación se procede a la distribución de rociadores en cada sistema definido.

Esta distribución debe cumplir con los mínimos requisitos de espaciamiento y localización de rociadores, establecidos por la NFPA y considerados también por el reglamento de ANIS y que a continuación se enuncian.

Distancia de los Muros:

La distancia de los muros a los rociadores finales en los ramales, no deben exceder de la mitad de la distancia permitida entre los rociadores en los ramales.

Espacio Libre Bajo Rociadores.

Quando los almacenamientos en bulto sean en exceso de 4.00m de altura; o en casilleros o sobre tarimas en exceso de 3.65m de altura, se permite un espacio libre menor a 91.50cm pero cuando menos de 45.75cm.

DISTANCIA ENTRE RAMALES Y ENTRE ROCIADORES

| Riesgos | Distancia Máxima Entre Ramales y Rociadores | Observaciones |
|------------|--|--|
| Ligeros | 4.57m (15 pies) | |
| Ordinarios | 4.57m (15 pies) | En almacenamientos altos la distancia máxima = 3.65m |
| Peligrosos | 3.65m (12 pies) | |

El espaciamiento máximo de 4.57m (15') indicado para Riesgos Ligeros, es sólo para aquellos casos de espacios abiertos; pero en caso de pisos que puedan ser divididos en cuartos o cubículos, ya sea por medio de muros o cancelas, deberá considerarse cada cuarto o cubículo que se planea, como una área separada, instalando rociadores en forma adecuada para dar la protección que se requiera.

Por otra parte los rociadores no deberán estar muy cerca uno de otro. Si se instalaran con un espaciamiento de 1.80m o menos, deberán utilizarse mamparas para evitar que el agua de unos, moje a los demás, retardando su acción.

Bajo Techos Revestidos o Plafones Bajo
Cualquier Tipo De Construcción.

- a).- Los deflectores de rociadores localizados en claros deben estar a no menos de 7.5 cm bajo los techos; pero no más de 25cm bajo techos combustibles ó 30cm bajo de techos incombustibles.
- b).- Cuando se instalen rociadores aprobados para posición pendiente bajo techos lisos, los deflectores deben quedar a no menos de 6.0cm de los techos.

AREA PROTEGIDA POR CADA ROCIADOR

| Riesgos | Area Máxima por Rociador | Observaciones |
|------------|--------------------------|---|
| Ligeros | 18.58m ² | Bajo techos planos de construcciones planas y los techos planos soportados por vigas. |
| | 12.00m ² | Bajo techos contruidos de madera soportados en vigas de madera. |
| | 16.00m ² | Para otros tipos de construcciones. |
| Ordinarios | 12.00m ² | Para todos los tipos de construcciones. |
| Peligrosos | | En sistema diseñado hidráulicamente el área máxima=20.9m ² |
| | 8.36m ² | Para todos los tipos de construcciones. |
| | | En caso de almacenamientos altos el área máxima=9.29m ² |
| | | En sistema diseñado hidráulicamente el área máxima= 9.29m ² |

Hasta aquí son los requisitos mínimos para cualquier tipo de construcción. Mayor información sobre la localización y posición de rociadores de acuerdo con el tipo de construcciones, que no se incluye en este trabajo dada su extensión, pueden ser encontradas en los incisos 4-2.3 al 4-5.4 del Folleto 13 del Código Nacional de Incendios por N.F.P.A.

2.5 Selección de Rociadores.

Los rociadores contra incendio se clasifican en:

"COLGANTES"(Pendent), cuando descienden del tubo.

"VERTICALES"(Upright), cuando se instalan verticalmente sobre el tubo.

"PARED" (Side Wall Sprinkler).

Los rociadores se fabrican para diversas capacidades, dependiendo de la densidad requerida, y con elementos fusibles para diversas temperaturas. Además, existen rociadores abiertos utilizados en sistemas de inundación.

Los rociadores están regulados para que se destapen a diversas temperaturas. Su Clasificación a este respecto se basa en pruebas tipo en las que se sumerge una boquilla rociadora en un líquido - cuya temperatura se va elevando hasta que el rociador funciona. La temperatura ambiente máxima a nivel del techo, en condiciones normales de trabajo, es la que determina la clasificación térmica de la boquilla que debe usarse, como se muestra en la tabla que a continuación se presenta. Los rociadores deben tener pintados los brazos del deflector según el código de colores indicado en dicha tabla.

RANGO DE TEMPERATURA, CLASIFICACION Y CODIGO DE COLORES

| TEMPERATURA MAXIMA EN EL TECHO (°C) | RANGO DE TEMPERATURA (°C) | CLASIFICACION CALORIFICA | CODIGO DE COLORES |
|---|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 38 | 57 a 76 | Ordinario | Sin color |
| 66 | 78 a 107 | Intermedia | Blanco |
| 107 | 121 a 149 | Alta | Azul |
| 149 | 162 a 190 | Muy Alta | Rojo |
| 191 | 204 a 246 | Extraordinaria | Verde |
| 246 | 260 a 301 | Máxima | Naranja |

Existen rociadores con orificios de diversos diámetros y por consiguiente de diversas capacidades de descarga de agua, de acuerdo con lo señalado en la siguiente tabla.

IDENTIFICACION DE ROCIADORES POR SUS

CARACTERISTICAS DE DESCARGA

| Orificio Nominal | Tipo de Orificio | Factor (*) "K" | %de (**) Descarga |
|------------------|------------------|----------------|-------------------|
| 6.0mm(1/4") | Pequeño | 18.5 a 21.4 | 25% |
| 8.0mm(5/16") | Pequeño | 25.7 a 28.5 | 33% |
| 9.5mm(3/8") | Pequeño | 37.1 a 41.4 | 50% |
| 11.1mm(7/16") | Pequeño | 57.1 a 62.8 | 75% |
| 12.7mm(1/2") | Normal | 75.6 a 82.8 | 100% |
| 13.5mm(17/32") | Grande | 113.7 a 119.9 | 140% |

(*).- Para el sistema métrico.

(**).- 12.7 mm (1/2") rosca tamaño nominal.

Esta tabla permite seleccionar el tipo de rociador para usarse en cada caso, basada en el área a cubrir, la capacidad de descarga de agua y la presión que recibe, de acuerdo con la siguiente fórmula.

Siendo "K" el Factor Constante de descarga que deberá dar el fabricante, tenemos:

$$Q = K \sqrt{P} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

Q = Gasto del rociador, en lpm

P = Presión, en Kg/cm².

2.6 Protección Auxiliar al Sistema de Rociadores.

Los riesgos protegidos con rociadores automáticos, deberán contar además, con una unidad móvil de extinción por cada área interna de superficie o fracción, tal como se determina abajo, según exige el grupo A del artículo 33-1 de las especificaciones de AMIS.

La protección mínima es de la siguiente manera: Las unidades móviles deberán de estar colocadas de tal manera que una persona no tenga que caminar más de 30m para llegar a la más cercana; pero hay que tener por lo menos una unidad para cada 500m^2 de superficie o fracción. Esta área estará protegida por el chorro de un hidrante interior, o exterior.

La clasificación y distribución de hidrante se puede obtener de la tabla 2.1.

| CLASIFICACION DE HIDRANTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|----------|-----------|-------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------------|---------------------|------------------------------|------|-----------------------------|-------|--|
| HIDRANTES | VALVULA A 1.60 m DEL PISO | BOQUEL | | | MANGUERA | | TUBERIA | | PRESION | | LONGITUD (m) | | GASTO | | NUMERO DE FUENTES | | | | |
| | | CHORRO | REGADERA | NEBLINA | DIAMETRO EN mm | LARGO EN m | MATICES PARA DOS O MAS HIDRANTES | MATICES PARA UN HIDRANTE | INCENDIOS CLASE | | INCENDIOS CLASE | | UN HIDRANTE | UNA | | DOS | | | |
| | | | | | | | | | A | B y C | A | B y C | | DOS O MAS HIDRANTES | 2 O MAS HIDRANTES MEDIA HORA | | 2 O MAS HIDRANTES DOS HORAS | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIAMETRO EN mm | DIAMETROS EN mm | Kg/cm ² | m | lit./min. | VOLUMEN MINIMO m ³ | | | | | | | | | | | | | | |
| CHICOS 30 | 51 | 11 7/8 | 39 | 38 | 38 | 30 | 83 | 51 | 1.76 | 3.51 | 6 | 3 | 140 | 280 | 6.4 | 33.6 | 16.8 | 67.2 | |
| MEDIANOS 51 | 51 | 14 1 1/8 | 51 | 51 | 51 | 30 | 76 | 63 | 2.11 | 3.51 | 6 | 3 | 240 | 480 | 14.4 | 57.6 | 28.8 | 115.2 | |
| GRANDES 83 | 63 | 25 1 7/8 | 63 | 63 | 63 | 30 | 101 | 76 | 2.11 | 3.51 | 10 | 3 | 650 | 1300 | 39 | 156 | 78 | 312 | |
| EQUIVALENCIAS: | | mm | 11 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 20 | 25 | 29 | 38 | 51 | 63 | 76 | 101 | | | |
| | | pulg. | 7/16 | 1/2 | 9/16 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/8 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 4 | | | |

| DISTRIBUCION DE HIDRANTES | | |
|---|---|----------------------|
| TIPO DE EDIFICIO | SUPERFICIE PARA CADA HIDRANTE EN m ² | RADIO DE ACCION EN m |
| Oficinas, consultorios medicos, bancos, hospitales y escuelas | 500 | 30 |
| Tiendas de auto servicio, fábricas de automóviles, industria de metales, de papel, cartón y electrónica | 300 | 15 |
| Fábricas de aceite, serraderos, pinturas, fábricas de artefactos de hule y madereras | 200 | 15 |
| Fábricas de lacas de piroxilina, bodegas de quayule y fibras de lino, pasturas y explosivos | 150 | 12.5 |
| En estos casos, la protección del edificio se logra combinando los radios de acción de los extinguidores y de los hidrantes, según conviene de acuerdo con el edificio específico que se estudia. | | |

TAB. 2.1 CLASIFICACION Y DISTRIBUCION DE HIDRANTES CONTRA INCENDIO.

2.7 APLICACION.

En ciudad Juárez, Chih, se encuentra el Parque Industrial Río Bravo, donde se han construido una serie de fábricas nacionales como de origen norteamericano. Dentro de éstas se construye una Industria que se dedica a la fabricación de vestiduras para automóviles.

Uno de los proyectos contemplados para la fábrica es el Sistema contra incendio a base de rociadores automáticos alimentados por una cisterna de 360 000 galones de capacidad (1362.60 m³).

Dicha fábrica se encuentra dividida en tres secciones: dos dedicados a corta, cosido y bodega; la tercera a oficinas. La superficie total es de 8680 m², dividida en 360m² de oficinas y 8320m² de área de trabajo (ver Fig.2.1). Desde el punto de vista arquitectónico, los muros serán de tabique, el techo inclinado a base de estructuras de acero, el piso de concreto, así como puertas y ventanas metálicas (ver Fig. 2.2).

Los materiales que utilizará para la fabricación de las vestiduras son; espuma plástica, tela y vinilo en estantes con altura superior a los 3.60 mts.

Es conveniente indicar que en Ciudad Juárez, se ha registrado una temperatura máxima extrema de 49°C y una mínima extrema de -23°C.

De la estación climatológica denominada Chih. Chih, que tiene influencia en el lugar donde se localiza la fábrica en estudio, con un período de 1941-1970, se obtuvieron los siguientes parámetros.

TEMPERATURA

| | |
|--------------------|----------|
| Máxima extrema | 49.0 °C |
| Promedio de máxima | 25.6 °C |
| Media | 17.1 °C |
| Promedio de mínima | 8.7 °C |
| Mínima extrema | -23.0 °C |
| Oscilación | 16.9 °C |

Clasificación del Riesgo en la Fábrica

De los datos de dicha fábrica se hizo la clasificación del riesgo, quedando de la siguiente manera

| | | |
|------------------|-----|------------------|
| Area de Oficinas | ——— | Riesgo Ligero |
| Area de trabajo | ——— | Riesgo Peligroso |

A su vez dentro de esta clasificación le corresponde la Categoría IV, por tener almacenamiento de gran altura.

Clasificación del Sistema

De acuerdo a los datos climatológicos, el lugar donde se localiza la fábrica es predominantemente caluroso, por lo tanto; el Sistema de Tubo Húmedo es el indicado.

Area de Alimentación

Se definieron 3 Sistemas a Areas de Alimentación, agrupadas en dos zonas, A y B, para su identificación. Ver Fig. 2.1

La zona "A" es la sección de corte con una superficie total de 4960m² y abarca 2 sistemas; el Sistema I con una área de influencia de 2400m² y el Sistema II con 2560m². Pendiente del techo de 3,0% altura mínima 7.45m.

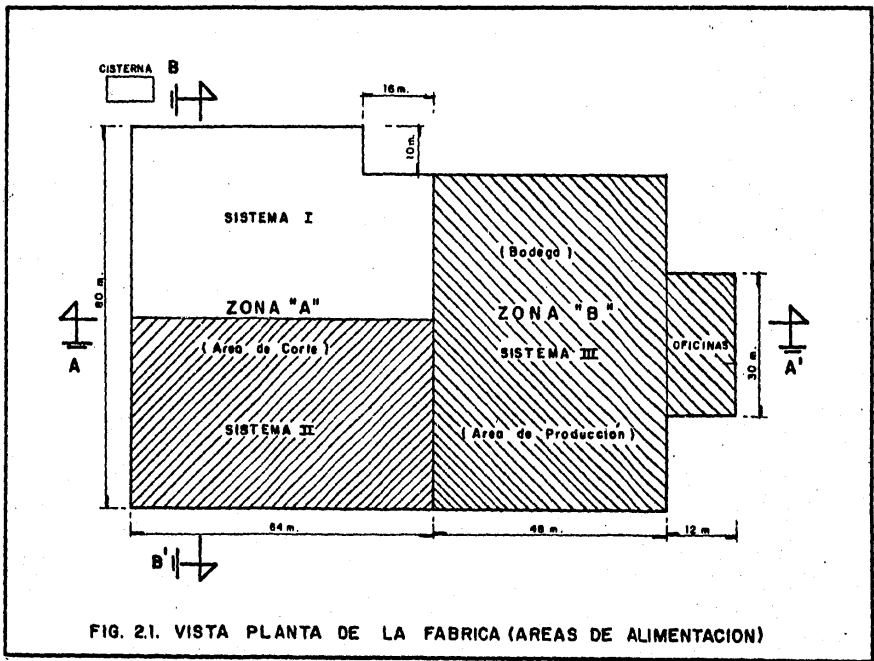
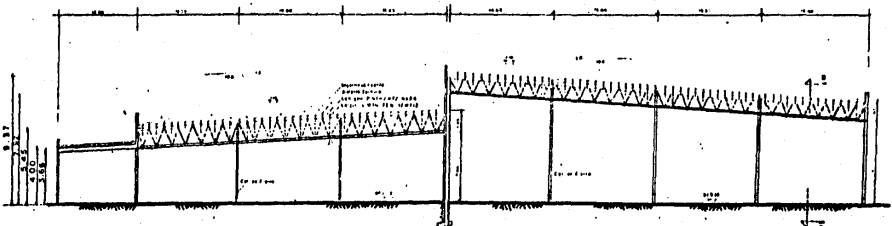
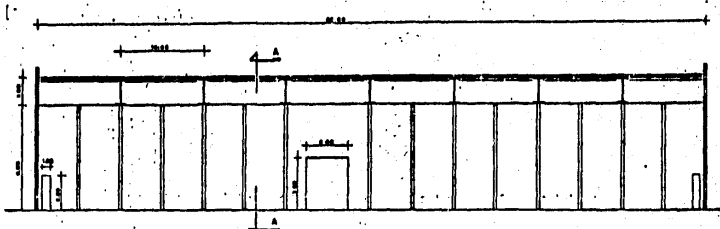


FIG. 2.1. VISTA PLANTA DE LA FABRICA (AREAS DE ALIMENTACION)



CORTE LONGITUDINAL A-A



CORTE TRANSVERSAL B-B

FIG. 2.2 DETALLES ARQUITECTONICOS

La zona "B" corresponde al Sistema III, para la sección de producción, Bodega y el área de Oficinas. La superficie total de esta zona es $3720m^2$. Pendiente del techo de 2.0%, altura mínima 5.45m

Espaciamiento y Localización de Rociadores.

Para este tipo de fábrica se consideraron otros lineamientos de espaciamiento de rociadores (además de los ya señalados); que a continuación se presentan.

Espacio Libre Entre Rociadores y Armaduras

Los rociadores deben de estar por lo menos, a 60cms. lateralmente de los miembros de armaduras que tengan más, de 10 cms. de ancho y por lo menos, a 30 cms. de los miembros de armaduras que tengan 10 cms. o menos de ancho.

Espaciamiento de Rociadores Bajo Techos Inclinados

Bajo techos inclinados que tengan un declive en exceso de 30.0cms. por cada 90.0cms. y donde los ramales corran paralelos a la cumbrera, debe colocarse una línea de rociadores bajo la misma o una línea a cada lado a una distancia no mayor que la mitad de la distancia entre ramales. Cuando los ramales corran en el sentido del declive del techo, los rociadores finales en los ramales en uno de los declives debe estar colocado precisamente bajo la cumbrera o los rociadores finales de los ramales en ambas pendientes deben ser localizados a los la dos de la cumbrera a una distancia no mayor de la mitad de la distancia permitida entre rociadores en ramales. En cualquier caso, los deflectores de los rociadores más altos no deben estar a más de 0.90mts. verticalmente abajo de la cumbrera.

El espaciamiento de los rociadores debe estar de acuerdo con el indicado en el inciso 2.4 de este capítulo. Las distancias entre rociadores sobre ramales debe ser medida sobre una línea paralela al techo.

En base a los lineamientos de espaciamiento y localización de rociadores, se llegó a la siguiente distribución.

Zona A Distancia entre ramales y entre rociadores = 3.00m
— Cobertura por rociadores = 9.00m².

Zona B—Area de trabajo—distancia entre ramales=3.50m
—distancia entre rociadores=2.65m
—cobertura por rociador =9.28m²

Area de oficinas—espaciamiento= 4.00m

En los cubculos se distribuye uno o más rociadores para su protección.

La distribución se muestra en el plano (capítulo III)

Selección de Rociadores.

En base a los datos climatológicos se determinó la clasificación térmica del rociador, quedando de la siguiente manera.

| TEMPERATURA MAX EN EL TECHO | RANGO DE TEMPERATURA | CLASIFICACION CALORIFICA | CODIGO DE COLORES |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 66°C | 78°C a 107°C | Intermedia | Blanco |

CARACTERISTICAS:

ROCIADOR OFICINAS

Marca Chemetron
Modelo E- Pendent
Rango de Temp. (100°C) 212°F
Clasificación Intermedia
Color Blanco
Diámetro 12.7 mm(1/2")
K = 81.2

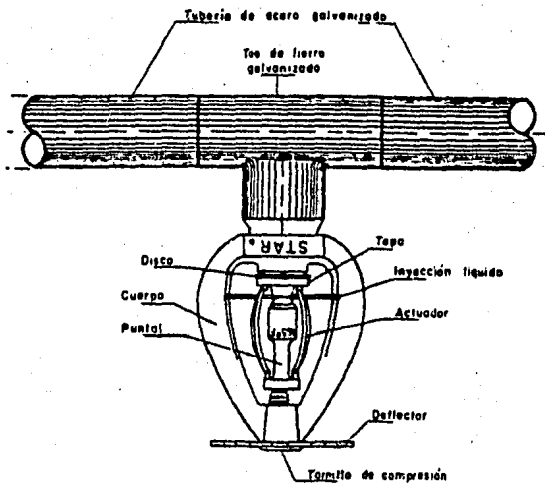
ROCIADOR AREA DE TRABAJO (BODEGA)

Marca S.P.H.
Modelo Spray Sprinkler Upright
Type
Rango de Temp (100°C) 212°F
Clasificación Intermedia.
Color Blanco
Diámetro 12.7 mm(1/2")
K = 81.2

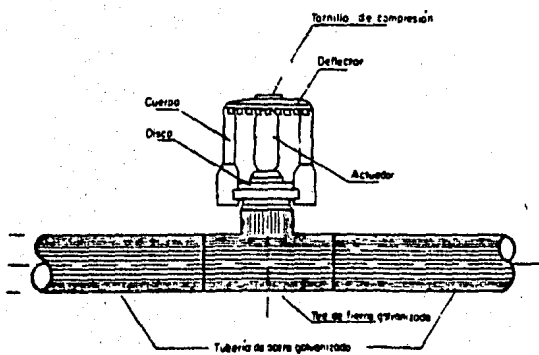
(Ver Fig. 2.3)

Protección auxiliar al sistema de rociadores.

En este caso, la distribución de unidades móviles de extinción e hidrantes se presenta en el capítulo III.



DETALLE DE ROCIADOR AUTOMÁTICO
OFICINAS



DETALLE DE ROCIADOR AUTOMÁTICO
BODEGAS

FIG. 2.3 ROCIADORES SELECCIONADOS.

CAPITULO III

PROYECTO HIDRAULICO

En este capítulo se pretende mostrar la herramienta básicamente necesaria para el proyecto hidráulico de un sistema contra incendio, a base de rociadores automáticos, del tipo "TUBO HUMEDO". Por lo que, en apoyo a los Estudios Previos del capítulo anterior, se hace el desarrollo hidráulico del sistema contra incendio en una fábrica.

3.1 Métodos para el diseño de sistemas de rociadores contra incendios.

Del capítulo anterior se sabe que las tuberías de abastecimiento en un Sistema de rociadores, son: los "Ramales", "Cruceros", "Alimentadores". "Subidas" y por supuesto la tubería subterránea que viene directamente de la fuente. Los diámetros de la tubería elevada pueden ser determinados por dos métodos diferentes que a continuación se presentan.

- 1).- Instalación de rociadores basada en su número y diámetro de tubería.
- 2).- Instalación de rociadores basada en sistema Hidráulicamente balanceado.

Cabe mencionar que estos métodos descritos a continuación, están enfocados básicamente a la aplicación del sistema "Tubo Húmedo".

Para el caso de los demás tipos de sistemas de rociadores, es necesario consultar el reglamento de la AMIS o de la NFPA, ya que no se incluyen dada su extensión. La razón se debe a que se considera el sistema llamado "Húmedo" como el preferido en México, por que nuestras condiciones climatológicas son más favorables que las de otros países del norte y por lo tanto no hay peligro de congelación del agua en las tuberías.

3.1.1 Instalación de rociadores basada en su número y el diámetro de tubería.

Este metodo se basa en el número de rociadores máximo que puedan ser instalados en un tubo de un diámetro determinado, excepto en sistemas hidráulicamente diseñados, como puede verse en la siguiente tabla.

TABLA 3.1

RIESGOS LIGEROS

Los ramales no deben de tener más de 8 rociadores.

Los diámetros serán como sigue.

| Diámetro | Tubo de Acero Rociadores | Tubo de Cobre Rociadores |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 25.0mm | 2 | 2 |
| 32.0mm | 3 | 3 |
| 38.0mm | 5 | 5 |
| 51.0mm | 10 | 12 |
| 64.0mm | 30 | 40 |
| 76.0mm | 60 | 65 |
| 89.0mm | 100 | 100 |
| 102.0mm | VER PARRAFOS SIGUIENTES | |

Las áreas que requieran más de 100 rociadores deben ser calculadas en base a la tabla de Riesgos Ordinarios.

El área cubierta por cualquier tubería de 102 mm. no debe exceder de 4830m²

TABLA 3.2

RIESGOS ORDINARIOS

Los ramales no deben tener más de 8 rociadores. Los diámetros serán como sigue.

| Diámetro | Tubo deAcero Rociadores | Tubo de cobre Rociadores |
|----------|----------------------------|-----------------------------|
| 25.0mm | 2 | 2 |
| 32.0mm | 3 | 3 |
| 38.0mm | 5 | 5 |
| 51.0mm | 10 | 12 |
| 64.0mm | 20 | 25 |
| 76.0mm | 40 | 45 |
| 89.0mm | 65 | 75 |
| 102.0mm | 100 | 115 |
| 127.0mm | 160 | 180 |
| 152.0mm | 275 | 300 |
| 203.0mm | VER PARRAFOS SIGUENTES | |

El área cubierta por cualquier tubería de 203 mm no debe exceder de 4830 m² excepto para almacenamiento de gran altura, en los cuales el área protegida por una tubería de 203 mm. no debe exceder de 3716.m².

Por otro lado cuando en almacenamientos la distancia entre rociadores en los ramales o entre ramales excede de 3.65m el número de rociadores debe ser como se indica a continuación.

| Diámetro | Tubo de Acero Rociadores | Tubo de Cobre Rociadores |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 64.0mm | 15 | 20 |
| 76.0mm | 30 | 35 |
| 89.0mm | 60 | 65 |

Para los demás diámetros se aplicará la tabla 3.2

TABLA 3.3

RIESGOS PELIGROSOS

Los ramales no deben tener más de 6 rociadores. Los diámetros serán como sigue.

| Diámetro | Tubo de Acero Rociadores | Tubo de Cobre Rociadores |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| 25.0mm | 1 | 1 |
| 32.0mm | 2 | 2 |
| 38.0mm | 5 | 5 |
| 51.0mm | 8 | 8 |
| 64.0mm | 15 | 20 |
| 76.0mm | 27 | 30 |
| 89.0mm | 40 | 45 |
| 102.0mm | 55 | 65 |
| 127.0mm | 90 | 100 |
| 152.0mm | 150 | 170 |
| 203.0mm | VER PARRAFO SIGUIENTE | |

El área cubierta por una tubería de 203 mm. de diámetro no debe exceder de 2320 m².

La siguiente tabla es una guía general para determinar el abastecimiento de agua y presión mínimos en los sistemas de rociadores - automáticos recomendado para este método, basado en el número máximo de rociadores que deberá instalarse según el diámetro de tubería, debiendo aumentarse con las cantidades de agua correspondientes, según el sistema de hidrantes con que se cuenta.

TABLA 3.4
GUÍA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
PARA SISTEMA DE ROCIADORES
DE INCENDIO BASADO EN EL DIÁMETRO
DE TUBERÍA

| Tipo de Riesgo | Presión residual Mínima en el Rociador más alto (ver nota 1) | Flujo Mínimo en la base de la "Subida" (ver nota 2) | Duración en minutos Tiempo mínimo |
|----------------|--|---|-----------------------------------|
| Ligero | 10.5 Kg/cm ² | 1900 lpm. | 60 |
| Ordinario | 1.41 Kg/cm ² o mayor | 3786 lpm. | 60 |
| Peligroso | 2.11 Kg/cm ² o mayor | 5500 lpm. | 100 |
| Almacenes | VER CODIGO 231 y 231C NFPA | | |

NOTA:

- 1.- La presión necesaria en la base de la "Subida" de los rociadores será la presión residual mínima en el rociador más alto y más alejado, más la presión requerida para llegar a esta altura.
- 2.- El requisito puede ser reducido a 950 lpm. en los Riesgos Ligeros si el edificio incluyendo el techo es combustible.

3.1.1 Instalación de Rociadores Basada en Sistema Hidráulicamente Balanceado.

Un sistema de rociadores hidráulicamente balanceado, es aquel en el cual los diámetros de tubería se seleccionan en base a las pérdidas de presión, con el fin de suministrar una densidad predeterminada (litros por minuto por metro cuadrado), distribuida sobre una superficie específica. Esto permite la selección de diámetro de tubería de acuerdo con las características del abastecimiento de agua disponible. Tanto la densidad de diseño, como el área sobre la cual se aplican, varía de acuerdo con el tipo de riesgo que se desea proteger.

Las reglas para estos sistemas tendrán prelación sobre los correspondientes a sistemas normales, en toda aplicación mutua, debiendo substituir todo lo indicado para los sistemas normales en ausencia de reglamentación específica. En otras palabras, los diámetros de tubo, el número de rociadores por ramal y el número de ramal por cruce, estarán limitadas por el abastecimiento de agua disponible. Sin embargo los espacios entre rociadores y todas las demás reglas detalladas en las normas continuarán siendo observadas.

Cabe resaltar, que todos los sistemas siguen siendo limitados por el área a servir y los diámetros de tubería no serán menores de 25mm para tubo de fierro y acero y de 19mm para tubo de cobre.

Este método permite no solo obtener un sistema de rociadores más perfecto, sino además como regla general, un sistema a base de diámetros de tubería menores y por consiguiente más económicos, lo que hace que sea el sistema preferido en instalaciones medianas y grandes, especialmente en edificios de gran altura.

Las curvas de la Fig 3.1 sirven de guía para determinar densidades, áreas de operación de rociadores y requerimientos de abastecimiento de agua, para sistemas hidráulicamente diseñados. El sistema debe ser calculado satisfaciendo un punto simple de la curva apropiada de diseño y la tuberías deben basarse en este punto de diseño. No es necesario cumplir con todos los puntos de la curva seleccionada. El abastecimiento total de agua en la base de la "Subida" a la presión residual requerida, de acuerdo con el diseño, no debe ser menor que el mostrado en la siguiente tabla.

TABLA 3.5

| Clasificación del Riesgo | Rociadores l.p.m | Duración minutos |
|--------------------------|------------------|------------------|
| Ligero <u>I</u> | 568 | 30 |
| Ordinario <u>I</u> | 1703 | 60 |
| Ordinario <u>II</u> | 2271 | 90 |
| Ordinario <u>III</u> | 2839 | 90 |
| Extra Gp. 1 | 2839 | 90 |
| Extra Gp. 2 | 3785 | 120 |

NOTA:

- 1.-Para áreas de operación de rociadores menores que $139m^2$ (1500 pies^2), la densidad correspondiente a $139m^2$ será usada. Riesgos Ligeros y Ordinarios.
- 2.-Para áreas de operación de rociadores menores que $232m^2$ (2500 pies^2), la densidad correspondiente a $232m^2$ será usada. Riesgos Peligrosos.

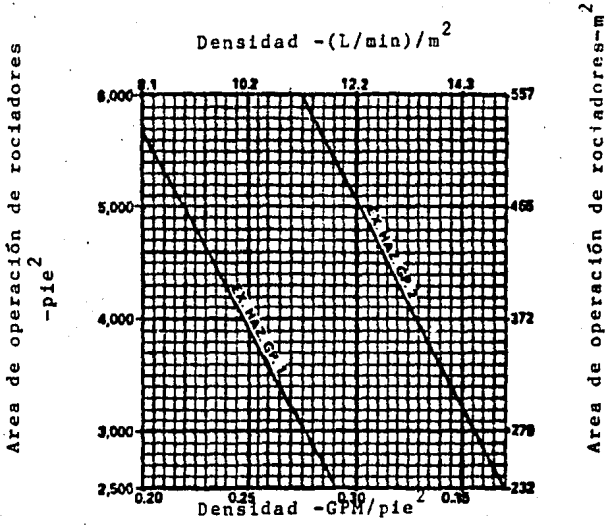
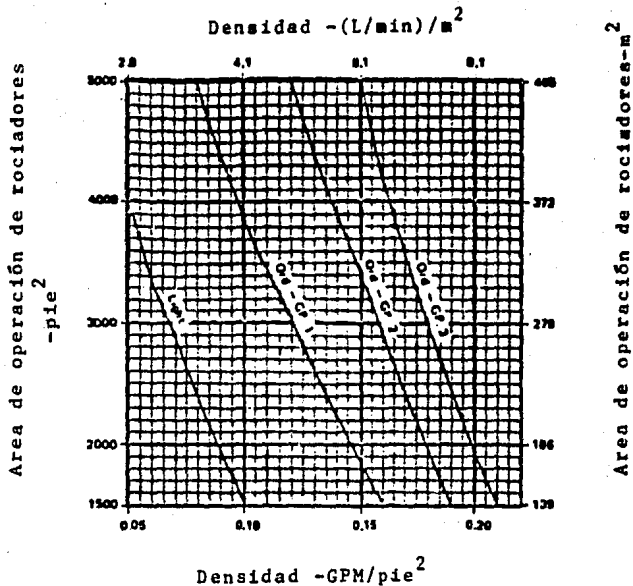


FIG. 3.1 CURVAS DE DENSIDAD

La NFPA divide en dos grupos los Riesgos Extra o Peligrosos (Ver Fig 3.1). que estan en función de la cantidad de contenidos combustibles y líquidos inflamables, que puedan desarrollar rápidamente incendios con alta radiación de calor. Por otra parte, para la AMIS las bases de diseño en Riesgos Peligrosos, són las siguientes.

- 1).- Densidad mínima 15 lpm/m^2
- 2).- Número de rociadores en operación 25 (mínimo)
- 3).- Tiempo mínimo de operación 60 minutos.

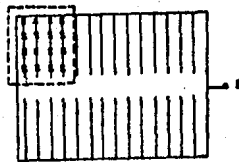
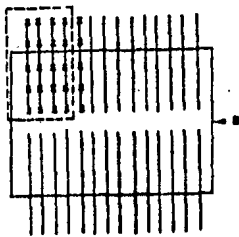
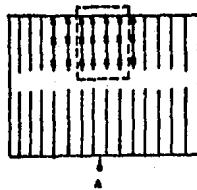
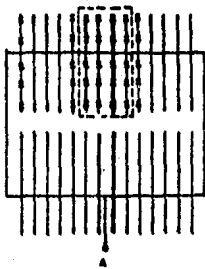
De esta manera, veremos que para determinar la demanda de agua requerida por los rociadores, se utilizan las curvas de densidad en la cual, tomando una área determinada, general el área más alejada del sistema de rociadores, se determina la densidad (lpm/m^2) en la curva correspondiente al riesgo y el gasto resultante de multiplicar por los metros cuadrados, nos da el gasto requerido en lpm.

Las densidades no deben ser menores que las mostradas en las curvas de diseño y la presión residual en el rociador no debe ser menor de 0.9 Kg/cm^2 según reglamento de AMIS.

En la figura 3.2 se muestra una serie de ejemplos de las Areas de operación hidráulica, más alejadas del alimentador vertical.

Almacenamientos Altos.- En caso de existir almacenamientos de gran altura, la densidad de diseño y área de aplicación debe ser de acuerdo con el criterio seguido y curvas de diseño dadas en el reglamento de la AMIS, para lo cual es necesario consultar dicho reglamento ya que no se incluye en este trabajo dada su extensión.

Respecto a esas curvas de diseño se tomó la información más conservadora, a continuación se presenta.



A : ALIMENTADOR CENTRAL
 B : ALIMENTADOR LATERAL

FIG. 3.2 EJEMPLOS DE AREAS HIDRAULICAS MAS REMOTAS PARA SISTEMAS CERRADOS

Area mínima de operación de rociadores = $180m^2$.

| Categoría del Almacenamiento | Densidad mínima (lpm/m^2)* |
|------------------------------|--------------------------------|
| <u>I</u> | 16.7 |
| <u>II</u> | 19.2 |
| <u>III</u> | 21.2 |
| <u>IV</u> | 23.3 |

* Corresponde a el área mínima de operación de rociadores.

3.2 Método de Hardy-Cross

Por especificaciones de la AMIS, las pérdidas por fricción pueden ser obtenidas en base a la fórmula de Hazen-Williams.

Por tal motivo se utilizó el método de Hardy-Cross, el cual es - un criterio de aproximaciones sucesivas para determinar los diámetros de las tuberías que conforman la red y las cotas piezométricas en cada cruce.

El método de Hardy-Cross se basa en dos tipos de ecuaciones: la de nudo y la de pérdida de energía.

a) Ecuación de Nudo.

Se entiende por nudo el lugar donde se unen dos o más tubos, o bien el extremo de un tubo conectado a otro. El principio de continuidad establece que la suma de los gastos que llegan a un nudo es igual a la suma de los gastos que salen de él, por lo cual en cada nudo se debe satisfacer que:

$$\sum_{j=1} Q_{ij} + Q_i = 0 \quad (\text{Ec.3.1})$$

Donde:

Q_{ij} gasto que va del nudo j al nudo i (negativo si llega al nudo i y positivo si sale);

Q_i gasto que sale o entra al nudo i (con la misma convención de signos)

El símbolo $\sum_j i$ se lee; "para todos los nudos j conectados al i a través de un tubo"

b) Ecuación de Pérdidas.

Para redes de tubos de sección circular, la pérdida por fricción en cada tramo está dada por la fórmula de fricción correspondiente, donde al sustituir la velocidad expresada por la ecuación.

$$V_{ij} = \frac{4 Q_{ij}}{\pi D^2}$$

Resulta que las pérdidas, en función del gasto, están dadas por:

$$h_{ij} = K_{ij} Q_{ij}^N \quad (\text{Ec.3.2})$$

Donde:

h_{ij} - Pérdida por fricción en el conducto ij, en m.

K_{ij} - Es una constante del tramo ij, que toma en cuenta el coeficiente de rugosidad, diámetro y longitud del tubo.

Q_{ij} - Gasto que circula en el tubo ij, en m³/s

N - Es una constante común en todas la tubería y que depende de la fórmula de pérdida de carga empleada; N=1.85 cuando se aplica Hazen-Williams y N= 2.00 si se usa Manning.

La utilización de las Ecs. (3.1 y3.2) para la solución de la red, conduce a un sistema de ecuaciones que es posible resolver por el método de Hardy-Cross; éste se resuelve por aproximaciones sucesivas que pueden aplicarse a los gastos supuestos, los cuales se aproximan a la solución mediante correcciones cíclicas.

El método de Cross consiste en suponer una distribución de gastos en los tramos, haciendo que se satisfaga la ecuación de nudo con los valores estimados y los ya conocidos.

La secuela de pasos de este método, para la solución de una red cerrada cualquiera, se explica a continuación

- 1.- La red se divide en circuitos en los cuales se conocen los gastos Q_1, Q_2, \dots, Q_n que entran o salen de cada nudo. Se su pone un sentido de recorrido al gasto para cada circuito, siendo positivo en el sentido de las manecillas del reloj y negativo en caso contrario.
- 2.- Se hace la primera estimación del gasto en todos los tramos de cada circuito, haciendo que se satisfaga la ecuación de nudo.
- 3.- Con el gasto supuesto se diseñan los diámetros en cada tramo, aplicando la ecuación de continuidad y suponiendo una velocidad uniforme de lm/s o que no sea mayor a la velocidad máxima permisible, que está en función del material de la tubería; - ajustando los diámetros supuestos a valores comerciales.
- 4.- Se procede a calcular las pérdidas de carga en cada tramo. Aplicando de acuerdo a la AMIS, la fórmula de Hazen-Williams que se puede expresar.

$$h = \frac{L Q^{1.85}}{(0.2788 C D^{2.63})^{1.85}} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

- h pérdida por fricción en el conducto, en m
- Q gasto que pasa por el conducto; en m^3/s
- C coeficiente de rugosidad
- D diámetro del conducto, en m
- L longitud del conducto, en m

- 5.- Los gastos que teóricamente escurren por cada tramo, se calculan mediante la Ec. (3.4) que va corrigiendo el caudal inicial hasta llegar al definitivo.

$$\Delta Q = - \frac{\sum h}{N \sum \frac{h}{Q}} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

ΔQ corrección al gasto supuesto en cada tramo del circuito, en m^3/s .

N una constante =1.85 (se si aplica, Hazen-Williams)

$\sum h$ suma algebraica de la pérdida de carga en el circuito, en m.

$\sum \frac{h}{Q}$ suma algebraica del resultado de dividir la pérdida de carga en cada tramo entre el gasto que circula en él;

La corrección ΔQ se anota con su signo en todos los tramos de un mismo circuito.

- 6.- En tramos que pertenecen a dos circuitos se deben agregar las correcciones que resulten del siguiente circuito, con signo contrario.
- 7.- El cálculo en los siguientes circuitos se hace en la forma indicada en los pasos 4 a 6, hasta terminar la primera etapa de distribución en toda la red.
- 8.- Se hace la suma de los gastos estimados más las correcciones, y se realiza una segunda etapa en la misma forma, es decir; con el nuevo gasto se pasa al punto 4 y se repite el cálculo.

- 9.- El cálculo finaliza cuando las correcciones AQ alcancen el grado deseado, y satisfaga la $h=0$.
- 10.- Una vez calculados los gastos se puede obtener las cargas de presión, en cada nudo, a partir de las pérdidas de carga (h) obtenidas y conociendo previamente un nivel piezométrico o la presión mínima requerida en un nudo.

3.3 Aplicación.

Continuamos con el proyecto de la fábrica que se dedica a la formación de vestiduras de automóviles. Cabe aclarar que el criterio a seguir fue el de utilizar el método "Sistema Hidráulicamente Balanceado", pero con apoyo en el "Número máximo de rociadores según el diámetro del tubo". A continuación se presenta la secuela de cálculo.

3.3.1 Sistema de Rociadores en la Zona A.

Se seleccionó a la zona "A" en primer lugar, por ser la de mayor altura. Esta zona abarca 2 áreas de alimentación, las cuales se identifican en los Estudios Previos como; Sistema I y Sistema II.

Para el diseño de los Ramales, Cruceros y Alimentadoras de los Sistema I y II, se decidió que los ramales corran en el sentido del declive por tener una pendiente de 0.03, evitando de esta manera que los rociadores pasen a través de las armaduras que soportan el techo. El trazo de esta tubería elevada se hizo en base a la tabla 3.3, considerando el tubo de acero. De esta manera, tales sistemas quedaron formados por un circuito cerrado con ramales de 5 y 6 -

rociadores, como se muestra en el plano. Quedando el Sistema I con 274 rociadores y el Sistema II con 286.

Número de Rociadores en Operación Simultanea (N_R)

El sistema II es el más alejado con respecto a la cisterna, por lo que se tomó a éste para el funcionamiento hidráulico. Par determinar el área de operación hidráulica más alejada en dicho sistema, se optó por el ramal que conecta al rociador más alto y alejado del alimentador vertical o "Subida", la cual se consideró al centro de la "Alimentadora", ver Fig. 3.3.

Cobertura por Rociador = 9.00 m^2

Se consideró una Area de operación = 279 m^2

(tomada de las curvas de densidad, Fig. 3.1)

Con lo que se obtiene:

$$N_R = \frac{279}{9} = 31 \text{ rociadores}$$

(N_R resultó mayor al mínimo especificado)

Densidad de Diseño (d)

Volviendo a las curvas de densidades para el área de 279 m^2 le corresponde una densidad de 14.46 lpm/m^2 mínima. Por otro lado, se sabe que la fábrica tendrá almacenamiento categoría IV de gran altura, el cual requiere una densidad 23.2 lpm/m^2 . Por lo tanto, se decidió incrementar un 60% la densidad mínima establecida por la AMIS, quedando la densidad de diseño:

$$d = 15 \times 1.6 = 24 \text{ lpm/m}^2$$

Gasto Requerido

$$Q_{II} = A_c d \quad (\text{Ec.3.5})$$

Donde:

Q_{II} Gasto requerido al pie de la subida del sistema II, en lpm

A_c Area de operación de los rociadores, en m^2

d densidad de diseño, en lpm/m^2

$$Q_{II} = 279 \times 24 = 6696 \text{ lpm}$$

$$Q_{II} = 111.60 \text{ lps}$$

$$Q_R = A_R d \quad (\text{Ec.3.6})$$

Donde:

Q_R Gasto por rociador, en lpm

A_R Cobertura por rociador, en m^2

$$Q_R = 9.00 \times 24 = 216 \text{ lpm}$$

$$Q_R = 3.60 \text{ lps}$$

Presión Mínima

Para calcular la presión mínima requerida en el rociador más alto se utilizó la Ec.1.2 presentada en el capítulo 2;

$$Q_R = K \sqrt{P}$$

$$P = \frac{(216.0)^2}{(81.2)^2} = 7.08 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 70.8 \text{ mca}$$

—Altura de la Tubería de los rociadores.—

De acuerdo a los lineamientos de rociadores bajo techos inclinados, el rociador más alto no debe estar a más de 0.90m verticalmente abajo de la cumbrera. Tomando como base lo anterior, se llegó a la conclusión de que la distancia entre el techo y la tubería sea de 0.75m, porque con esta separación los elementos de las armaduras que soportan el techo, no obstruirán la tubería que pase a través de ellas, específicamente los "cruceiros". Con este dato se determinó la altura de la tubería; ver Fig 3.4.

—Funcionamiento Hidráulico—

Con los resultados y datos anteriores, el siguiente paso fue simular el funcionamiento hidráulico, para lo cual se consideró tubería de acero galvanizado (C= 125 coeficiente de rugosidad). Debido a que el procedimiento del Cross es iterativo, solamente se presenta en la Fig. 3.4 los cálculos definitivos, donde resultó una carga de 82.95 mca en el rociador más alto y alejado, que es mayor a la míma requerida de 7.08 kg/cm².

3.3.2 Red de Alimentación General.

La tubería subterránea que conecta directamente a la cisterna es la red de alimentación general que abastecerá tanto a los rociadores como a los hidrantes exteriores e interiores.

Antes del diseño de la red se hizo la distribución de extinguidores e hidrantes. Considerando la protección mínima, de acuerdo a el artículo 33-1 de AMIS, se llegó a lo siguiente.

Distribución de Extinguidores 500m²/Extinguidor

Zona A ----- $\frac{4960\text{m}^2}{500\text{m}^2} = 9.90 = 10$ Extinguidores

Zona B Area de trabajo ----- $\frac{3360}{500} = 6.70 = 7$ Extinguidores

Area de oficinas ----- $\frac{360}{500} = 0.72 = 2$ Extinguidores.

Distribución de Hidrantes 500m²/Hidrante

Combinando los radios de acción tanto de los hidrantes interiores como exteriores, se obtuvo la distribución de ellos:

No. de Hidrantes int. =4

No. de Hidrantes ext. =8

En el plano se muestra la distribución de hidrantes y extinguidores.

Gasto de diseño

$$Q = Q_{II} + Q_H$$

Donde:

Q Gasto de diseño para la red, en ips.

Q_{II} Gasto requerido por rociadores, en ips.

Q_H Gasto requerido por hidrantes, en ips.

resulta $Q = 111.60 + 10$
 $Q = 121.60$ lps

—Funcionamiento Hidráulico—

Con el gasto Q se procede al cálculo hidráulico, para lo cual se aplica el método de Cross en la Fig. 3.6. , donde resultó una carga, necesaria en la cisterna, de 103.80 mca para satisfacer la presión de 7.08 kg/cm^2 . En este caso $C=140$, por ser tubería de asbesto cemento.

3.3.3 Sistema de Rociadores en la Zona B,

La zona B corresponde al sistema III que abarca el área de oficinas y parte de el área de trabajo. En tal sistema, se trazaron los Ramales, Cruceros y Alimentadoras de la misma forma como en la zona A, utilizando las tablas 3.1 y 3.3.

En la área de trabajo se formó un circuito cerrado con ramales de 9 rociadores. En las oficinas los ramales se alimentarán por medio de una línea conectada al circuito del área de trabajo. El alimentador vertical o "Subida" del sistema se consideró en la esquina superior del circuito, como se muestra en el plano.

—densidad—.

en área de trabajo --- 24.00 lpm/m^2
en área de oficinas -- 2.24 lpm/m^2 (de Fig. 3.1)

Si se respeta la densidad de 2.24 se deberá poner una válvula de alivio en la línea que alimenta la zona de oficinas.

Obviamente se antoja que esta alternativa es absurda, ya que si se dispone de carga en la línea, se puede tener a los rociadores de las oficinas para una mayor densidad y por ende un rango muy amplio de seguridad.

Cobertura por rociador = 9.28m^2
(zona de trabajo)

Area de operación = 279m^2

resulta; $N_R = \frac{279}{9.28} = 30$ rociadores

Gasto al pie de la "Subida";

$$Q_{III} = 279 \times 24 = 6696 \text{ lpm}$$

Gasto por rociador;

$$Q_R = 24 \times 9.28 = 222.96 \text{ lpm}$$

$$Q_R = 3.72 \text{ lps.}$$

-Altura de la Tubería-

Para determinar la altura de la tubería en la zona de trabajo, se consideró una separación entre techo y tubería de 0.70m.

En las oficinas el techo se cubrirá con plafón por lo que, los ramales quedarán instalados de tal manera que sobresalgan del plafón solamente los rociadores.

-Funcionamiento Hidráulico-

Se aplica el Cross al sistema III Fig 3.5 donde con la carga de 103.80 mca en la cisterna, resulta una carga disponible en el rociador

dor extremo, de 70.80 m.c.a que es la mínima requerida..

3.3.4 Cantidades de Obra.

En las tablas 3.6 a 3.8 se presenta las cantidades de obra del proyecto hidráulico, siendo el importe de \$ 47'274,000.00 al año 1986.

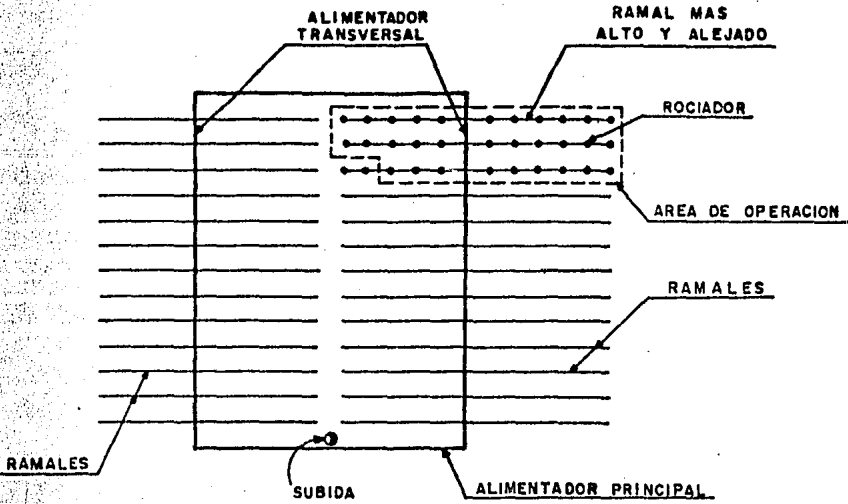


FIG. 3.3 AREA DE OPERACION HIDRAULICA SISTEMA II

En. Fig. 3.4, 3.5 y 3.6 la tubería se representará de la siguiente forma:

S I M B O L O G I A .

| | | |
|-----------------|---|-------------|
| 51 mm. (2") | φ | ----- ----- |
| 64 mm. (2 1/2") | φ | ----- ----- |
| 76 mm. (3") | φ | ----- ----- |
| 152 mm. (6") | φ | ----- ----- |
| 203 mm. (8") | φ | ----- ----- |
| 254 mm. (10") | φ | ----- ----- |
| 304 mm. (12") | φ | ----- ----- |

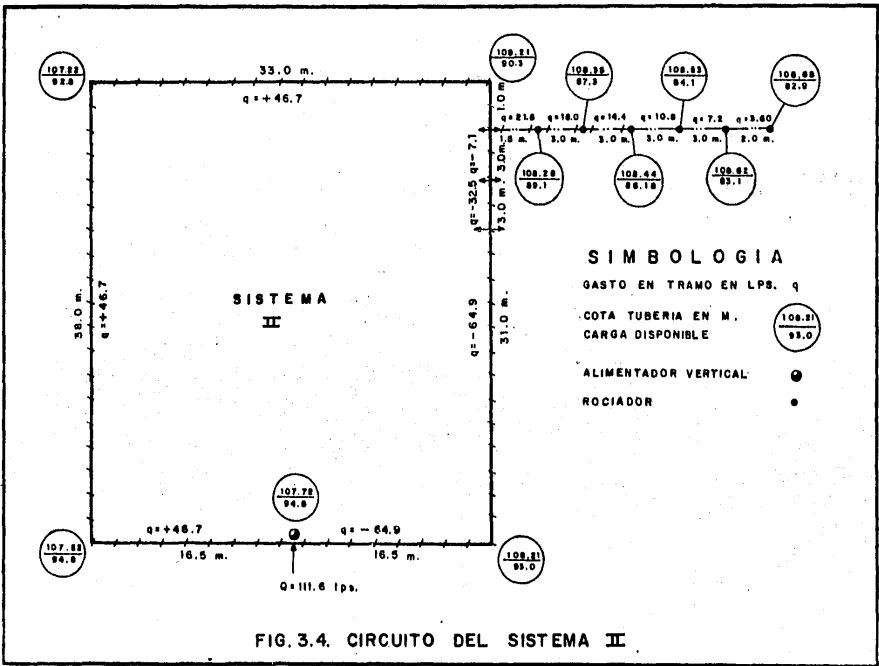
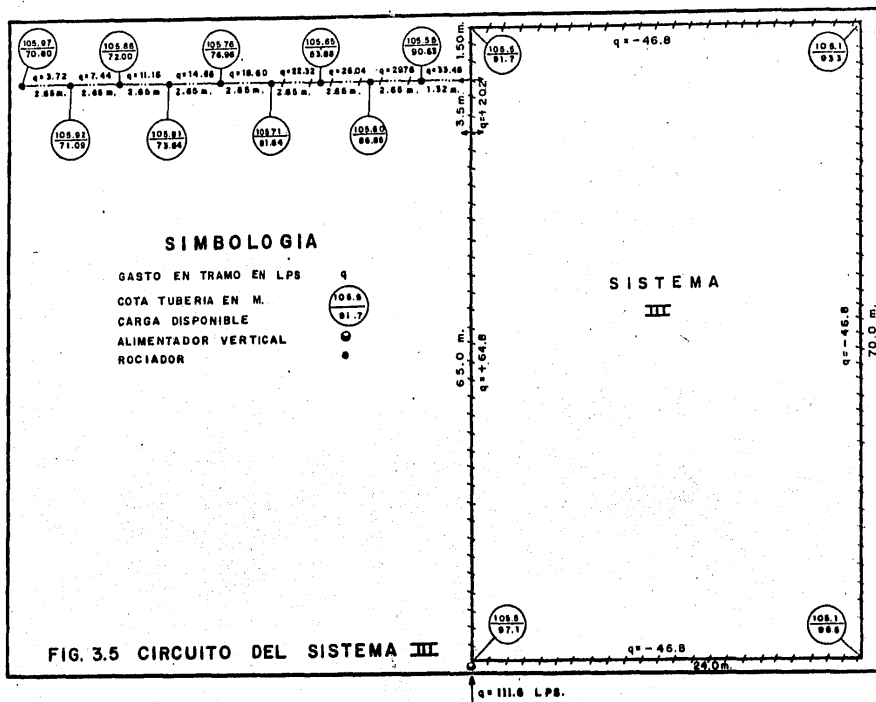


FIG. 3.4. CIRCUITO DEL SISTEMA II



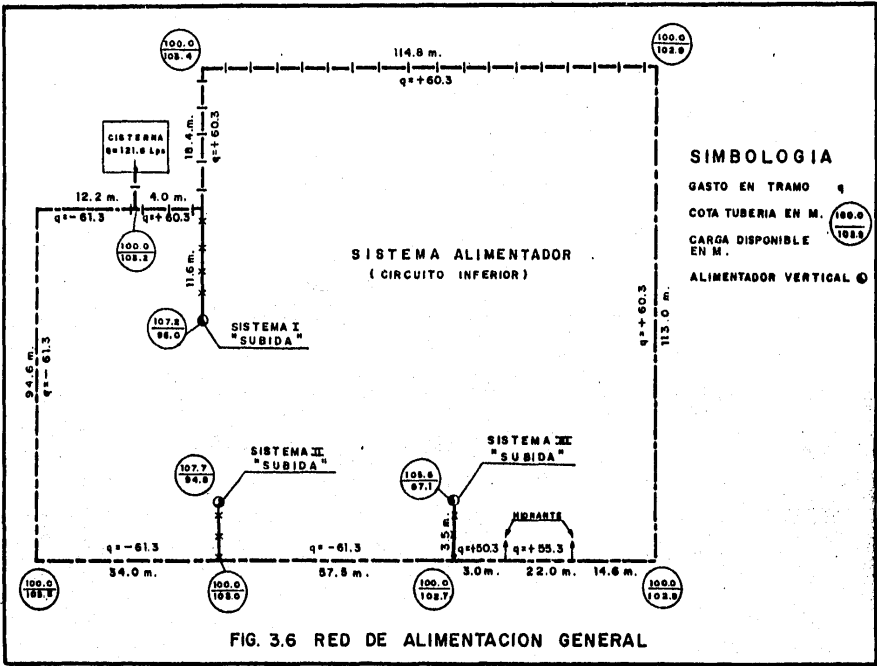


FIG. 3.6 RED DE ALIMENTACION GENERAL

TABLA 3.6

CANTIDADES DE OBRA RED DE ROCIADORES

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|--------|----------|
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE VALVULAS DE ALARMA (ALARM -CHECK) DE 203 MM (8") DE DIAMETRO. | EQUIPO | 3.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE VALVULAS DE SECCIONAMIENTO DE: | | |
| 203 MM (8") DE DIAMETRO. | PZA | 1.00 |
| 152 MM (6") DE DIAMETRO. | PZA | 28.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE ROCIADORES AUTOMATICOS: | | |
| MODELO E PENDENT, MARCA CHEMETRON DE 12.7MM (1/2") DE DIAMETRO. | PZA | 34.00 |
| MODELO SPRAY SPRINKLER UPRIGHTYPE, MARCA SPH, DE 12.7 MM (1/2") DE DIAMETRO. | PZA | 920.00 |
| INSTALACION, SUMINISTRO Y PRUEBA DE TUBERIA DE ACERO GALVANIZADO DE: | | |
| 203 MM (8") DE DIAMETRO. | ML | 47.30 |
| 152 MM (6") DE DIAMETRO. | ML | 978.70 |
| 76 MM (3") DE DIAMETRO. | ML | 40.00 |
| 64 MM (2 1/2") DE DIAMETRO. | ML | 468.00 |
| 51 MM (2") DE DIAMETRO. | ML | 1139.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE PIEZAS ESPECIALES DE FIERRO GALVANIZADO: | | |
| TEE CON ROSCA DE: | | |
| 76 MM x 13 MM (3" x 1/2") | PZA | 40.00 |
| 64 MM x 13 MM (2 1/2" x 1/2") | PZA | 374.00 |
| 51 MM x 13 MM (2" x 1/2") | PZA | 460.00 |
| UNION UNIVERSAL CON ROSCA DE: | | |
| 76 MM (3") DE DIAMETRO. | PZA | 40.00 |
| 64 MM (2 1/2") DE DIAMETRO. | PZA | 374.00 |
| 51 MM (2") DE DIAMETRO. | PZA | 460.00 |
| REDUCCION CON ROSCA DE: | | |
| 76 MM x 64 MM (3" x 2 1/2"). | PZA | 40.00 |
| 64 MM x 51 MM (2 1/2" x 2"). | PZA | 142.00 |

(CONTINUACION DE LA TABLA)

3.6

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|--------|----------|
| ADAPTADOR DE BRIDA A ROSCA DE: | | |
| 76 MM (3") DE DIAMETRO. | PZA | 40.00 |
| 64 MM (2 1/2") DE DIAMETRO. | PZA | 140.00 |
| 51 MM (2") DE DIAMETRO. | PZA | 13.00 |
| TAPON MACHO CON ROSCA DE: | | |
| 51 MM (2") DE DIAMETRO. | PZA | 155.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE PIEZAS ESPECIALES DE FIERRO FUNDIDO. | KG | 14538.45 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE EMPA- QUES DE PLOMO DE: | | |
| 203 MM (8") DE DIAMETRO. | PZA | 9.00 |
| 152 MM (6") DE DIAMETRO. | PZA | 227.00 |
| 76 MM (3") DE DIAMETRO. | PZA | 40.00 |
| 64 MM (2 1/2") DE DIAMETRO. | PZA | 101.00 |
| 51 MM (2") DE DIAMETRO. | PZA | 13.00 |

TABLA 3.7

CANTIDADES DE OBRA RED DE ALIMENTACION

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD |
|--|--------|----------|
| RUPTURA DE PAVIMENTO DE CONCRLO. | M3 | 27.74 |
| REPOSICION DE PAVIMENTO DE CON_ CRETO. | M3 | 27.74 |
| EXCAVACION A MANO PARA ZANJAS HASTA 2.00m DE PROFUNDIDAD. | M3 | 716.45 |
| PLANTILLA APISONADA CON PISO DE MANO EN ZANJAS | M3 | 55.48 |
| RELLENO DE ZANJAS APISONADO Y COMPACTADO CON AGUA. | M3 | 627.26 |
| SUMINISTRO, INSTALACION, JUNTEO Y PRUEBA DE TUBERIAS DE ASBESTO CEMENTO: | | |
| DE 152 MM (6") DE DIAMETRO. | ML | 99.40 |
| DE 203 MM (8") DE DIAMETRO. | ML | 98.80 |
| DE 254 MM (10") DE DIAMETRO. | ML | 364.80 |
| DE 304 MM (12") DE DIAMETRO. | ML | 140.80 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE PIE_ ZAS ESPECIALES DE FIERRO FUNDIDO. | KG | 13326.47 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE VAL_ VULAS DE SECCIONAMIENTO: | | |
| DE 152 MM (6") DE DIAMETRO. | PZA | 8.00 |
| DE 203 MM (8") DE DIAMETRO. | PZA | 3.00 |
| DE 254 MM (10") DE DIAMETRO. | PZA | 2.00 |
| DE 304 MM (12") DE DIAMETRO. | PZA | 2.00 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE JUN_ TAS DE GIBAULT DE: | | |
| 152 MM (6") DE DIAMETRO. | PZA | 8.00 |
| 203 MM (8") DE DIAMETRO. | PZA | 6.00 |
| 254 MM (10") DE DIAMETRO. | PZA | 23.00 |
| 304 MM (12") DE DIAMETRO. | PZA | 15.00 |

(CONTINUACION DE LA TABLA)

3.7

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|--------|----------|
| CONSTRUCCION DE CAJAS TIPO (AGUA-POTABLE) DE: | | |
| CAJA TIPO 4-3B DE 2.26 x 2.26 M | PZA | 1.00 |
| CAJA TIPO 3-2B DE 2.26 x 2.26 M | PZA | 1.00 |
| CAJA TIPO 2-2B DE 2.26 x 1.56 M | PZA | 1.00 |
| CAJA TIPO 1-1A DE 1.56 x 1.56 M | PZA | 9.00 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE ATRAQUES DE CONCRETO. | M3 | 1.68 |
| ACARREO PRIMER KILOMETRO DE MATERIALES PETREOS. | M3 | 89.19 |
| ACARREO KILOMETRO SUBSECUENTES AL PRIMERO DE MATERIALES PETREOS | M3-KM | 445.95 |

TABLA 3.8

CANTIDADES DE OBRA LINEA DE HIDRANTES

| CONCEPTO | UNID | CANTIDAD |
|--|------|----------|
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE ACERO GALVANIZADO CED. 40 DE 51 MM (2") DE DIAMETRO. | ML | 57.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE VALVULA DE GLOBO ANGULAR. | PZA | 15.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE ADAPTADORES PARA MANGUERAS. | PZA | 9.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE MANGUERA CONTRA INCENDIO, INCLUYENDO COPLES. | PZA | 18.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE CHIFLON DE NIEBLA. | PZA | 9.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE GABINETES PARA INCENDIO CON CUNA INTEGRAL DE MANGUERA. | PZA | 9.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE EXTINTORES DE POLVO-QUIMICO SECO. | PZA | 19.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE TOMA SIAMESA. | PZA | 1.00 |
| INSTALACION Y SUMINISTRO DE HIDRANTES DE BANQUETA. | PZA | 12.00 |

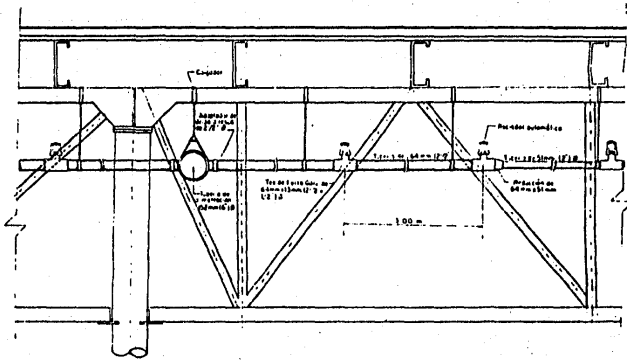
ANTEPRESUPUESTO AL AÑO 1986.

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Red de alimentación: | \$ 12' 255,172.39 |
| Red de rociadores: | 27' 797,779.96 |
| Línea de hidrantes: | <u>2' 923,412.62</u> |
| SUMA: | 42' 976.364.97 |
| IMPREVISTOS: | 4' 297.364.50 |
| TOTAL: | <u>\$ 47' 274.001.47</u> |

P L A N O

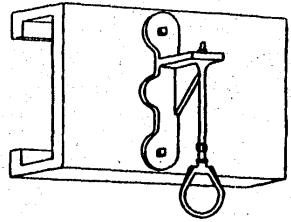
"RED CONTRA INCENDIO"

D E T A L L E S
D E L
S I S T E M A

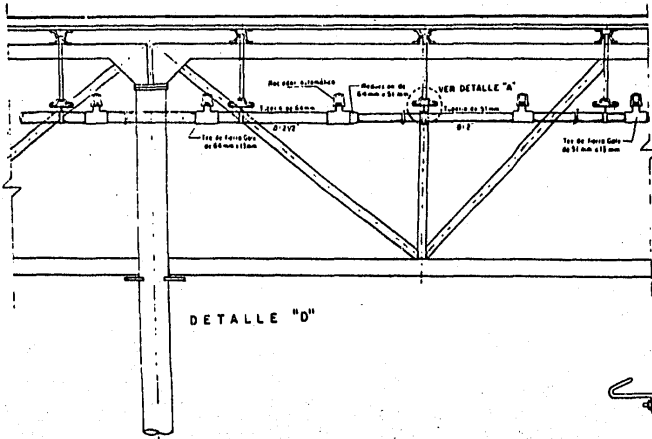


DETALLE "C"

ZONA B DE LA FABRICA.

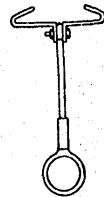


DETALLE "B"



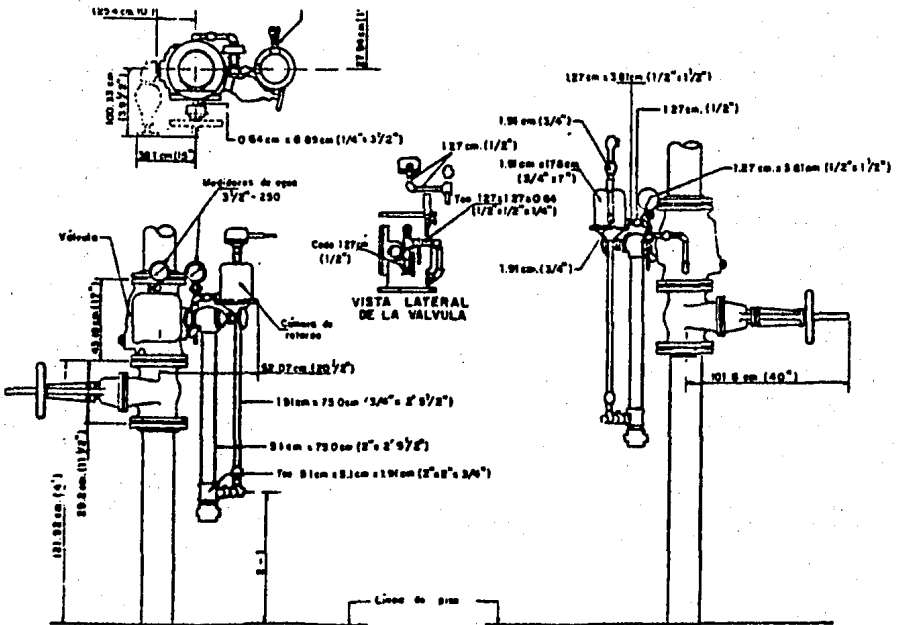
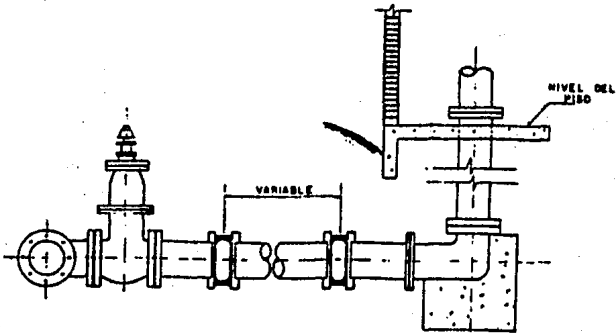
DETALLE "D"

ZONA A DE LA FABRICA



DETALLE "A"

DETALLE DE UNION DEL TUBO ALIMENTADOR
A LINEA SUBTERRANEA



DETALLE VALVULA DE ALARMA

CAPITULO IV

PROYECTO ELECTROMECHANICO Y CALCULO ESTRUCTURAL

El capítulo 4 se considera como parte complementaria de los capítulos anteriores, ya que los temas que trata no son objetivos principales de esta tesis.

Por tal razón se muestra la aplicación directa al caso particular de la fábrica, que se ha tratado en los capítulos anteriores. La aplicación se describe en una forma muy somera, en especial la parte electromecánica en donde solamente se hace mención del equipo de bombeo requerido. El cálculo estructural se refiere al dimensionamiento de la cisterna, fuente de abastecimiento para el sistema contra incendio.

4.1 Proyecto Electromecánico.

Del capítulo anterior se deduce gasto de bombeo de 7296 lpm (1928 gpm), contra una carga de 103.80 mca (340 pies)..

Para dar las condiciones de gasto y carga necesarias en el sistema de rociadores, se seleccionó el uso de bombas automáticas, una eléctrica y una diésel.

Estas bombas deberán ser capaces de rendir 150% de su capacidad normal a un 65% de su presión normal (según A.M.I.S)

Para calcular se utilizaron las gráficas de la fábrica Fairbanks Morse, resultado una bomba modelo 5814-8" trabajando a 1750rpm, impulsor de D816, referencia 49 778 CP, con una eficiencia del 78%, lo que implica una potencia de 240 Hp. Ver Fig. 4.1.



MANUFACTURERA FAIRBANKS MURSE, S. A.

MODELO 5814 - 8"

1750

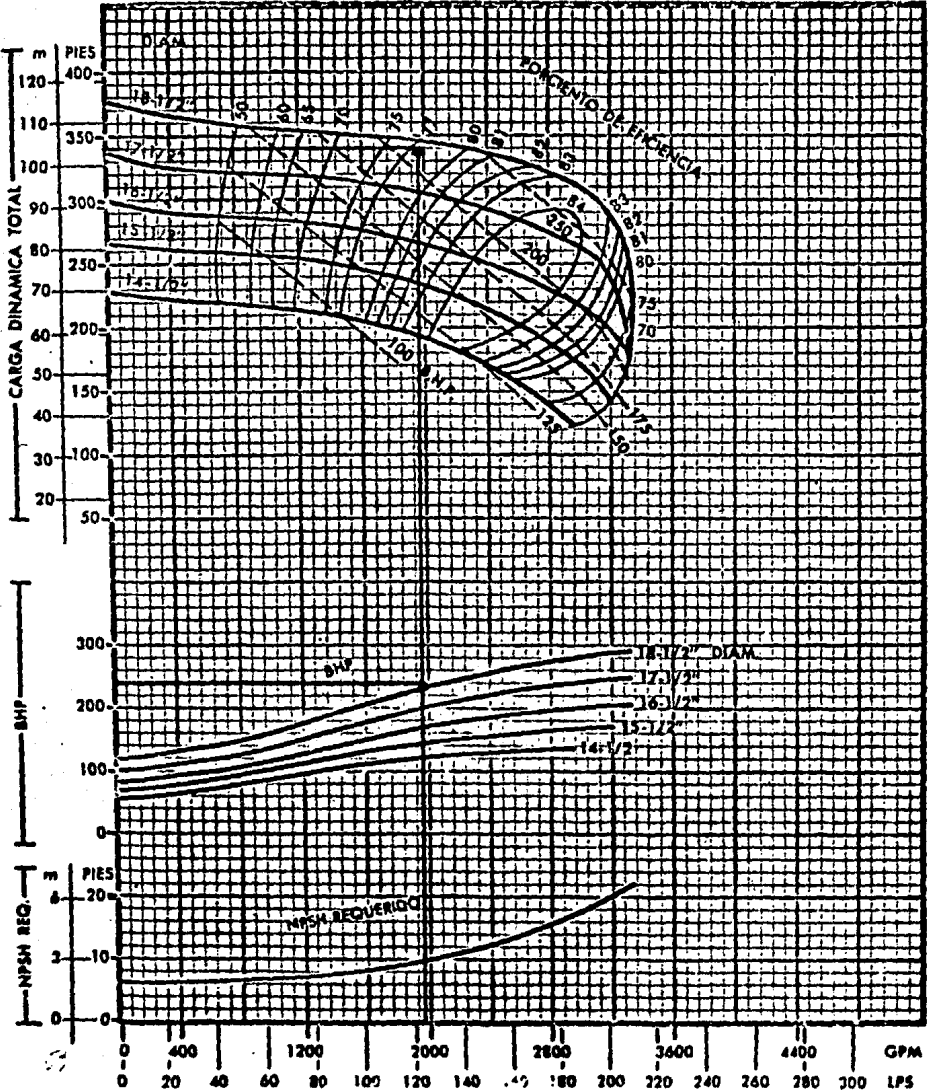
R.P.M.

EL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO
DEPENDE DE SUMINISTRAR A LA
BOMBA LA CANTIDAD ESPECIFICADA
DE AGUA LIMPIA, FRESCA, NO AEREA,
SIN EXCEDER DE 85°F (30°C).

FIG. 4.1

IMPULSOR D8DIG

REFERENCIA 48778CP



Finalmente se seleccionó una bomba centrífuga horizontal, modelo 5814-8" de 10" en la succión por 8" en la descarga, con impulsor de 18-1/2" acoplado por medio de base y cople a motor eléctrico horizontal de 250 Hp, 4 polos, 3/60 cps, 220-440 Volts.

Por otro lado, para mantener la presión en la tubería se utilizará una bomba Jockey de 2HP para un gasto de 24 lpm contra una carga de 100 mca.

Para calcular la potencia de motor diésel se aplicó la ecuación:

$$P_d = \frac{HP}{\frac{(PI + PT + R) T}{100}}$$

Siendo:

- Pd potencia del motor diésel, en HP
- HP potencia del motor eléctrico, en HP (250 HP)
- PI pérdidas por altura sobre el nivel del mar, en %
- PT pérdidas por temperatura, en %
- R reserva, en %
- T Pérdidas por transmisión, en %

Estas pérdidas se determinan de acuerdo a:

- a) Altura sobre el nivel del mar. Se considera el 1% por cada 100m del nivel medio del mar, por lo que si se acepta una altura de 1130 msm, se deduce una pérdida de 11.30%.
- b) Temperatura. Se deduce el 1% por cada 2°C de 30°C. Dado que la temperatura máxima registrada ha sido de 49°C, se tiene una pérdida de 9.5%.

c) Reserva. Se recomienda considerar a 4 000 pies, un 3% de reserva interna.

Resulta de esta manera una potencia del motor de 285 Hp.

4.2 Cálculo Estructural (Cisterna .)

El procedimiento de dimensionamiento aplicado a este caso es el llamado plástico (resistencia última).

Se tiene proyectado una cisterna de concreto armado, con capacidad de 360 000 galones: (1362.60 m³), destinado exclusivamente para el sistema contra incendio de la fábrica.

Dimensiones geométricas propuestas.- (Ver Fig. 4.2)

Cimentación.- Losa con peralte de 30cm

Muros .- Con peralte de 30 cm en el despiante y 15cm en el remate. Altura total de 6.50m.

Techo .- Losa de 12cm y traveses de 20 x 50

Columnas .- De 40 x 40, Altura = 6.50m

$\gamma = 2.4 \text{ Ton/m}^3$ (peso específico del concreto armado)

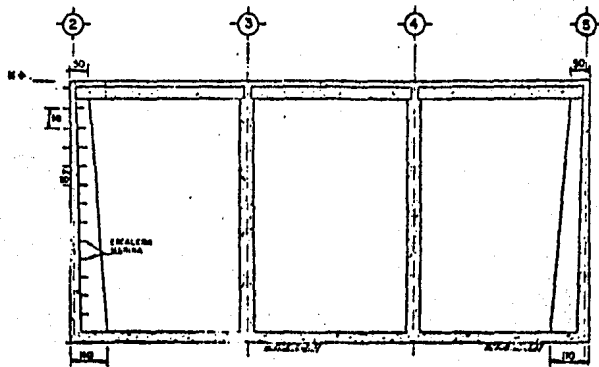
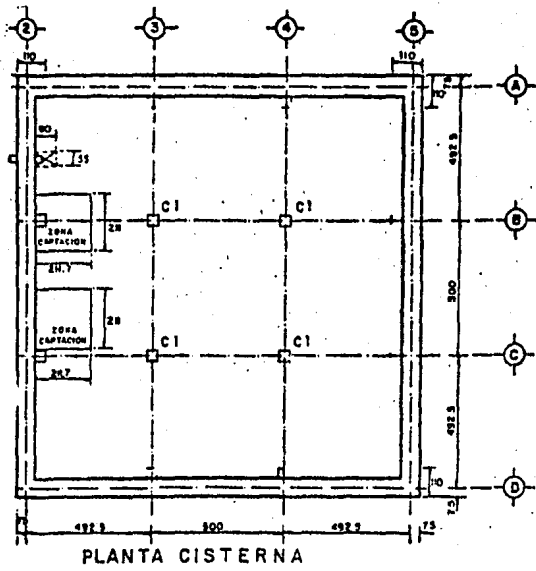


FIG. 4.2 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.

—Descarga total al terreno—

Losa inf. ----162.00 Ton
Muros ----210.60
Losa sup. ---- 64.80
Trabes ----10.94
Columnas ---- 4.16
452.50 Ton (peso propio)

C.V. 15 x 15 x 0.100 --- 22.5,
Agua 1376.20
1851.20 Ton (peso total)
Area de desplante (15 x 15) = 225 m²
. Descarga total al terreno = 8.23 Ton/m²

—Hipótesis para el terreno—

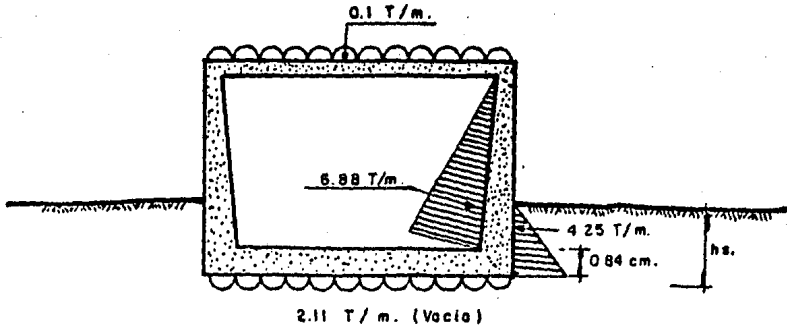
__ Suelo tipo 3 (arena seca apretada)

__ $\gamma_s = 1.7 \text{ Ton/m}^3$ (peso específico de la arena)

__ Si se acepta que el terreno tenga una capacidad de 4 Ton/m², deberá enterrarse el tanque una profundidad mínima de 2.5m para soportar la descarga total.

Ver Fig. 4.3.

__ No se considera efecto de sobrepresión por compactación



$$8.23 = 4 + h_s (\gamma_s) \text{ (T/m}^2\text{)}$$

$$h_s = 2.5 \text{ m.}$$

HIPOTESIS.

SUELO TIPO III ARENA

CAPACIDAD DEL TERRENO 4 T/m^2

PESO ESPECIFICO DEL SUELO $\gamma_s = 1.7 \text{ T/m}^3$

FIG. 4.3. CONDICIONES DE DISEÑO

—Diseño de Muros—

Condición de trabajo: empotrado abajo y libremente apoyado arriba. Por facilidad de cálculo, se consideran las resultantes de las cargas actuantes, como se muestra en la (Fig. 4.4)

Con ayuda de las ecuaciones del Manual Monterrey, se determinaron los elementos mecánicos en los apoyos.

$$R_A = V_1 = \frac{Pb}{2L^3} (3L^2 - b^2) \quad \text{Fza. cortante en el empotramiento.}$$

$$R_B = V_2 = \frac{Pa^2}{2L^3} (b + 2L) \quad \text{Fza. cortante en el apoyo libre.}$$

$$M = \frac{Pab}{2L^2} (b + L) \quad \text{Momento flexionante en el empotramiento.}$$

Donde L es la longitud total y se determinó de la siguiente forma:

$$L = \frac{H_{\text{cisterna}}}{2} \frac{h_1}{2} \text{ losa inf.} - \frac{h_2}{2} \text{ losa sup.}$$

$$L = 730 - 15 - 6 = 709 \text{ cm}$$

Para P = 6.88 Ton:

$$R_A (6.88) = \frac{6.88 \times 4.65}{2 \times 7.09^2} (3 \times 7.09^2 - 4.65^2) = 5.80 \text{ Ton.}$$

Para P = 4.25 Ton;

$$R_A (4.25) = -4.19 \text{ Ton.}$$

Por lo tanto, $R_A = V_1 = 1.61 \text{ Ton.}$

$$R_B = V_2 = 1.02 \text{ Ton.}$$

Momento flexionante.

$$M_{(6.88)} = \frac{6.88 \times 2.44 \times 4.65 (4.65 + 7.09)}{2 \times 7.09^2} = 9.12 \text{ Ton-m}$$

$$M_{(4.25)} = -2.52 \text{ Ton - m.}$$

Por lo tanto, $M = 6.60 \text{ Ton- m}$ (en el empotramiento)

$$M_{(0.69m)} = -5.49 \text{ Ton-m (en } P = 4.25 \text{ Ton)}$$

$$M_{(2.44m)} = 4.77 \text{ Ton-m (en } P = 6.88 \text{ Ton)}$$

punto de inflexión ($M=0$) ; $x = 1.63m$

Con resultados anteriores se obtiene el diagrama de momentos flexionantes, como se muestra en la Fig. 4.4.

Acero de refuerzo longitudinal

Para determinar el acero, se consideró el muro como viga con un ancho unitario de un metro y los siguientes datos.

$$F_c' = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y' = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$r = 5.0 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$F.C = 1.4 \text{ (Factor carga)}$$

Momento flexionante último

$$M_u(+)= 4.77 \times 1.4 = 6.68 \text{ Ton-m ; } d_{(+)} = 20\text{cm (paralte efectivo)}$$

$$M_u(-) = 6.60 \times 1.4 = 9.24 \text{ Ton-m ; } d_{(-)} = 25\text{cm (paralte efectivo)}$$

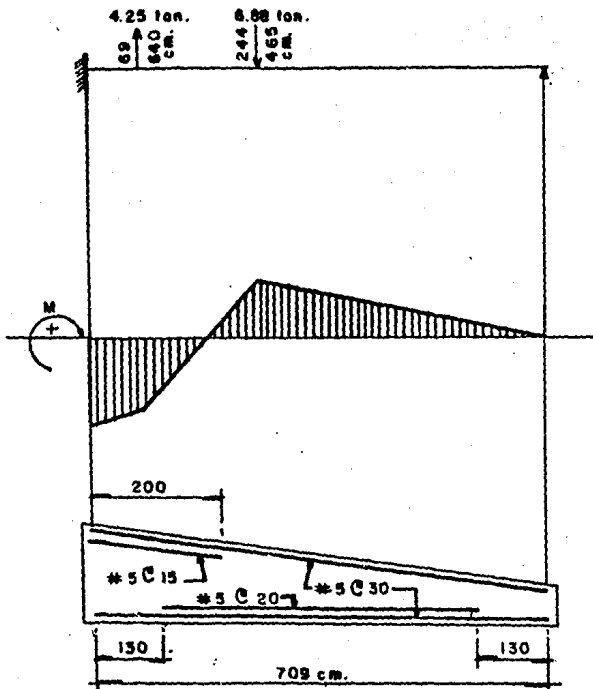


FIG. 4.4. SOLUCION EN MUROS

Cálculo de la relación $\frac{M_R}{bd^2}$, para obtener la cantidad de acero (As).

| M_R/bd^2 | p | As (cm ²) | |
|------------|--------|-----------------------|------------------|
| 14.78 | 0.0041 | 10.25 | → #5@15 (arriba) |
| 16.70 | 0.0046 | 9.20 | → #5@20 (abajo) |

Ver Fig. 4.4

$p = \frac{As}{bd^2}$ y se obtiene, con el valor de $\frac{M_R}{bd^2}$, en las gráficas de

ayuda de diseño del reglamento de construcción - 401 DDF.

Revisión por cortante

$$V_{CR} = 0.5 F_R bd \sqrt{f_c^*} = 0.5 \times 0.8 \times 100 \times 20 \sqrt{160}$$

$$V_{CR} = 10119 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1.4 \times 5.86 = 8200 \text{ Kg}$$

como $V_u < V_{CR}$ (si pasa, el concreto resiste la fuerza cortante)

Losa de Fondo (cimentación)

El dimensionamiento de la losa se hizo por el método del Reglamento del Distrito Federal.

—Consideración.— Losa con todos los bordes continuos, colada monolíticamente con sus apoyos.

—Relación de lados corto a largo.

$$a_1/a_2 = 15/15 = 1.0$$

—Carga de servicio = 210 kg/m^2

—Carga última = $W_u = 1.4 \times 2110 = 2954 \text{ kg/m}^2$

$r = 5 \text{ cm}$ (recubrimiento)

—Cálculo de acero

| Coef. | Momento (kg-m) | M_R/bd^2 | p | A_s (cm ²) |
|-------|-------------------|------------|--------|--------------------------|
| +126 | 8375 | 13.40 | 0.0037 | 9.25 → #5@20 (arriba) |
| -288 | 19142 | 30.63 | 0.0094 | 23.50 → #8@20 (abajo) |

Los coeficientes de momentos se obtuvieron del reglamento 401_ DDF, pag.72.

Los momentos son el resultado del producto de los coeficientes por $K = 10^{-4} \frac{W_u a^2}{l_1}$

Donde $W = 2954 \text{ Kg/m}^2$ $K = 66.47$; $M = k \times 126 = 8375 \text{ kg-m}$

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{-8375 \times 10^2}{100 \times 25^2} = 13.40 \text{ kg/cm}^2$$

Con la relación $\frac{M_R}{bd^2}$ se obtiene $p = \frac{As}{bd}$, entrando en la gráfica de "Momentos resistentes" . pag. 178 del Reglamento 401 DDF.

—Revisión por cortante—, pag. 74 del Reglamento 401 DDF.

$$V_u = \frac{\left(\frac{a_1}{2} - d\right)v}{1 + \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^6} = 10\,708 \text{ kg (en un metro de ancho)}$$

$$V_{CR} = 0.5 F_R bd \sqrt{f_c} = 12649 \text{ kg}$$

como $V_u < V_{CR}$; se acepta el peralte de la losa
En la Fig. 4.6 se muestra el armado

Losa Tapa (Losa Superior)

Se utilizó el mismo criterio de la losa de fondo
Carga de servicio = CM + CV (0.12 x 2400) + 100 = 388
Carga última = Wu = 543.20 kg/m²
r = 5 cm (recubrimiento) d = 7 cm (peralte efectivo)
Tablero de 5 x 5 (todos los bordes continuos)

$$a_1/a_2 = 1.0$$

| coef. | Momento (kg-m) | M_R/bd^2 | p | As(cm ²) |
|-------|-------------------|------------|------------------|----------------------|
| +126 | 171 | 3.49 | P _{mín} | As mín |
| -288 | 392 | 8.00 | P _{mín} | As mín |

$$a_s \text{ m\u00edn} = \frac{450(X_1)}{f_y \cdot (X_1 + 100)} = \frac{450 (12)}{4200(112)} = 0.01148 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$P \text{ m\u00edn} = \frac{0.01148 \times 100}{100 \times 7} = 0.00164 ; A_s \text{ m\u00edn} = 1.15 \text{ cm}^2$$

Conclusi\u00f3n: Rige Acero m\u00ednimo por temperatura
2.5 @ 25 , Ver Fig. 4.6.

—Revisi\u00f3n por Cortante—

$$V_u = \frac{\left(\frac{5}{2} - 0.07\right) 543.20}{2} = 660 \text{ kg}$$

$$V_{CR} = 0.5 \times 0.8 \times 100 \times 7\sqrt{160} = 3542 \text{ kg}$$

$V_u < V_{CR}$ se acepta el peralte de la losa.

Dimensi\u00f3n de Traves

De acuerdo a la Fig. 4.2 (vista de planta), en los ejes B,C, 3,4 lleva traves.

Condici\u00f3n de trabajo: Marco r\u00edgido con carga uniformemente repartida, ver Fig. 4.5. Por lo que para resolver este caso, se utiliz\u00f3 el m\u00e9todo de Hardy Cross "Distribuci\u00f3n de Momentos de Empotramiento.

$$\begin{aligned}
 \text{carga viva} &= 0.10 \text{ Ton/m}^2 \\
 \text{p. propio losa} &= \underline{0.29} \\
 &0.39 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow 0.98 \text{ Ton/m} \\
 \text{Trabes de } 20 \times 50 &\quad \underline{0.24} \\
 \text{Carga de servicio } W &= 1.22 \text{ Ton/m}
 \end{aligned}$$

$$(\text{Momento de Inercia - trabes}) I_1 = \frac{bh^3}{12} = 208333.33 \text{ cm}^4$$

$$(\text{Momento de Inercia - Columnas } 40 \times 40) I_2 = \frac{bh^3}{12} = 213333.33 \text{ cm}^4$$

$$(\text{Rigidez relativa de la trabe, } L = 500 \text{ cm}) K_1 = \frac{I_1}{L} = 416.67$$

$$(\text{Rigidez relativa de Columna, } L = 680 \text{ cm}) K_2 = \frac{I_2}{L} = 313.73$$

$$\text{Factor de distribución) } \frac{K_1}{\sum K} = \frac{416.67}{730.40} = 0.57$$

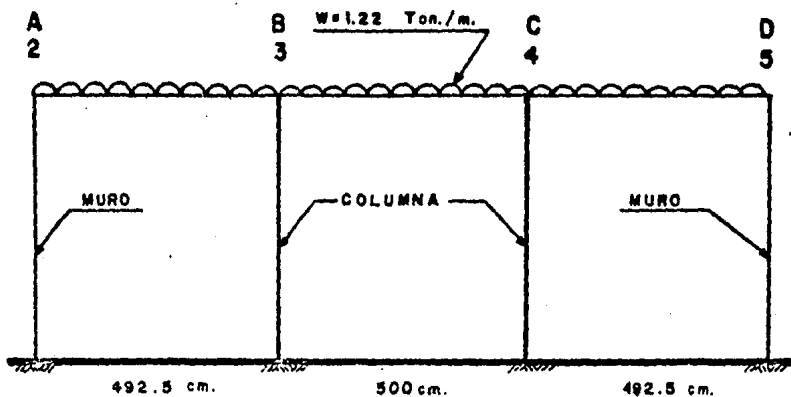
En la Fig. 4.5 se muestra el desarrollo del Cross, en donde:

$$\begin{aligned}
 \text{M.E.P.} &= \text{Momento de empotramiento perfecto} \\
 &\left(\frac{WL^2}{12} = 2.5 \text{ Ton-m} \right)
 \end{aligned}$$

M.D. = Momento Distribuido.

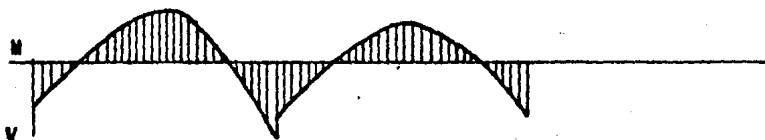
M.T. = Momento transmitido.

resulta que, M max = 2.95 Ton-m



| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K | C | TD | TI | C | TD | TI | C | TD | TI | C |
| ≠K | 0.43 | 0.57 | 0.37 | 0.27 | 0.36 | 0.36 | 0.27 | 0.37 | 0.57 | 0.43 |
| M.E.P. | | +2.50 | -2.50 | | +2.5 | -2.50 | | +2.50 | -2.50 | |
| M.D. | -1.08 | -1.42 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | +1.42 | +1.08 |
| M.T. | | --- | -0.71 | | | | | +0.71 | | |
| M.D. | | | +0.26 | +0.19 | +0.26 | -0.26 | -0.19 | -0.26 | | |
| M | -1.08 | +1.08 | -2.95 | +0.19 | +2.78 | -2.78 | -0.19 | +2.95 | -1.08 | +1.08 |

DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LA TRABE



(CORTANTE EN TRABES)

| | | | | |
|-------|-------|------|------|-------|
| 3.04 | 3.04 | 3.04 | 3.04 | 3.04 |
| -0.37 | +0.37 | --- | - | +0.37 |
| | 3.41 | 3.04 | 3.04 | 3.41 |
| EV | 2.87 | 6.45 | 6.45 | 2.87 |

FIG. 4.5 SOLUCIÓN EN TRABES

Cálculo de refuerzo longitudinal

si $r = 5\text{cm}$ $d = 45\text{cm}$ (peralte efectivo)

$$\frac{M_R}{bd^2} = \frac{4130 \times 10^2}{20 \times 45^2} = 10.20 \text{ kg/cm}^2$$

Con el valor de $\frac{M_R}{bd^2}$, se obtiene p en las gráfica de

Momento resistente del Reglamento 401 DDF.

Resulta que $p = 0.0029 = \frac{A_s}{bd}$

$$A_s = 2.61 \text{ cm}^2$$

$$\text{pero } A_{s\text{mín}} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} bd = 2.12 \text{ cm}^2; 2\#4$$

Por lo tanto se propone:

2#4 (arriba y abajo)

más 1#4 (arriba, en el empotramiento trabe-columna)

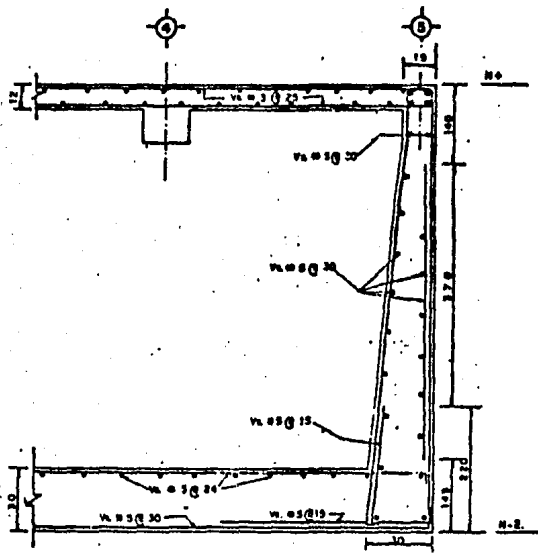
Ver Fig.4.6.

—Cortante—

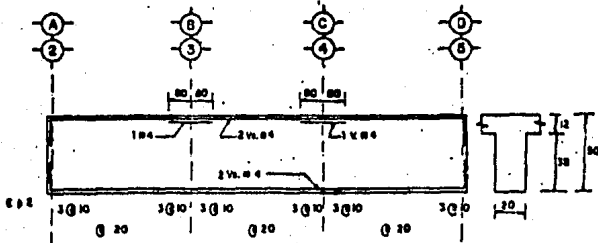
$$V_1 = \frac{w_1}{2} = 3.04 \text{ Ton (Cortante isostático)}$$

$$V_h = \frac{(1.08 - 2.95)}{4.925} = - 0.37 \text{ Ton (Cortante hiperestático)}$$

$$\text{por lo tanto } V = V_1 + V_h = \underline{2.67 \text{ Ton}}$$



DETALLE ARMADO CISTERNA



TRABE EJES B, C, 3, 4

FIG. 4.6.

Los resultados se muestran en la Fig. 4.6, donde $V_{max} = 8.45 \text{ ton}$.
 como $p < 0.01 \Rightarrow V_{CR} = FRbd (0.2 + 0.30p) \sqrt{f_c^*}$

$$V_{CR} = 0.8 \times 20 \times 45 (0.2 + 0.3 \times 0.0029) \sqrt{160} = 1829 \text{ kg}$$

(que resiste el concreto)

$$V_u = V_{max} (1.4) = 9050 \text{ kg.}$$

$V_u > V_{CR}$ requiere de refuerzo transversal.

$$S = \frac{F_R A_v f_y d}{V_u - V_{CR}} \quad (\text{separación de estribos})$$

$$S = \frac{F_R A_v f_y d}{V_u - V_{CR}}$$

con var # 2 ; A_v (2 ramas) = 0.64 cm^2

$$S = 13.4 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 0.5d = 22.5 \text{ cm}$$

por lo tanto se propone E # 2@10 y 20 cm como se indica en la Fig. 4.6

$$V_u < 1.5 F_R bd \sqrt{f_c^*} = 13\,661 \text{ kg ; se acepta la sección } \underline{20 \times 50.}$$

Columnas B3, C3, B4, C4

Es un caso flexocompresión, por lo que se resolvió con diagramas de interacción (carga axial—momento flexionante)

Datos:

$$P = 12.90 \text{ Ton} \quad f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_x = 0.19 \text{ Ton-m} \quad C_v = 0.15$$

$$M_y = 0.19 \text{ Ton-m} \quad f_c^* = 153 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_u = 1.4 \times 12.90 = 18.06 \text{ Ton ; } f_c'' = 130 \text{ kg/cm}^2$$

$$e_1 = e_2 = 10.52 \text{ cm} \quad f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y^* = 3200 \text{ kg/cm}^2$$

Sección propuesta 40 x 40 , long = 690 cm

- Efecto de Esbeltes-

$$e = 1.2 - 0.025 \left[\frac{h'}{t} + 5 \frac{e_1}{e_2} \right]$$

$$e = 1.2 - 0.025 \left[\frac{690}{40} + 5 \right] = 0.64$$

$$M_{max} = M + AM$$

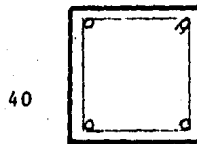
$$AM = \left[\frac{1-0.64}{3 \times 0.64} \times 0.40 + 0.02 \right] 18.06 = 1.72 \text{ Ton-m}$$

$$M_x = M_y = 0.19 + 1.72 = 1.91 \text{ Ton-m}$$

$$k = \frac{18060}{40^2 \times 130} = 0.09 ; R = \frac{191\ 000}{40^3 \times 130} = 0.02$$

$$r = 6 \text{ cm (recubrimiento)} \quad d = 34 \text{ cm}$$

$$\text{para } d/t = 0.85, q = 0.1 = p \frac{f_y}{f_c} ; p = \frac{A_s}{bt}$$



$$A_s = 6.50 \text{ cm}^2$$

$$4 \# 5$$

$$E \# 2 @ 30$$

40

El cuarto de Bombas se puede dimensionar en forma similar, tomando en cuenta que éste debe de ser lo suficientemente amplio para que la tubería y equipo de bombeo se coloquen de manera que se tenga un fácil acceso para su operación y reparación así como estar debidamente iluminado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo expuesto en este trabajo, los pasos a seguir en un proyecto de un sistema de rociadores, son los siguientes.

- 1).- Clasificación del Riesgo.
- 2).- Tamaño del sistema o Area de alimentación.
- 3).- Area máxima protegida por rociador.
- 4).- Espaciamiento entre rociadores.
- 5).- Selección del tipo de rociador.
- 6).- Formación del sistema de rociadores; ramales, cruceros, alimentadoras y subidas.
- 7).- Area de operación hidráulica de los rociadores.
- 8).- Gasto de aplicación (densidad lpm/m^2)
- 9).- Cálculo de pérdidas de presión.

Cada uno de estos pasos aparentan ser sencillos y no se puede afirmar tal cosa, por ejemplo; en la clasificación del Riesgo no se tiene una definición específica de hasta donde se considera Ligero, u Ordinario tipo I.

En el caso de las Curvas de Diseño (densidad- área de operación de los rociadores) no se indica en ningún momento de un criterio para su aplicación.

En la solución del funcionamiento hidráulico del sistema, contra incendio se utiliza un método llamado "Cross", conocido por todo Ingeniero Civil. Sin embargo, deben existir otros métodos más propios para estos casos.

La aplicación de los métodos para la instalación de rociadores, descrito en el capítulo III, se basa en una serie de tablas, gráficas y normas a cumplir, que carecen de alguna información referente a un criterio o procedimiento técnico, en el que se pueda apoyar el ingeniero que realiza, por primera vez, un proyecto de este tipo.

Es recomendable para la solución hidráulica, la utilización de métodos con los que se pueda simular el funcionamiento de todo el sistema de rociadores en conjunto y no en partes, como fue el caso que se presentó en este trabajo.

Las compañías, como Agencias Eclipse que se dedica a la venta de equipo contra incendio y al desarrollo de proyectos referentes a sistemas de rociadores, comentan que la "National Fire Protection Association" puede considerarse la organización con más experiencia en el ramo de incendio, por lo que recomiendan que se siga en todo las especificaciones detalladas en el folleto No.13, titulado "Normas para Instalaciones de Rociadores", de los "Códigos Nacionales de Incendio" publicado por N.F.P.A. Pero desafortunadamente no es fácil el acceso a estas publicaciones.

Es de recomendarse por esta razón que la instalación de un sistema de rociadores, sea considerado como un tema dentro de alguna de las "materias optativas" de la Facultad de -- Ingeniería, ya que este sería un camino para adquirir un - conocimiento más amplio, en este tipo de instalaciones, que puede ser a base de experiencias y prácticas de laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Seguridad Industrial—Serie F (Normas de adiestramiento No.73)
División Internacional del Bureau of Labor
Standars., E.U.A. (Trad.español-R.Palazón)
- Código No. 13 N.F.P.A. (Normas para Instalación de rociadores)
—National Fire Protection Association E.U.A.
- Reglamento para la Instalación de rociadores automáticos.
—Asociación Mexicana de Instituciones de
Seguros (AMIS), México.—
- (Libro 2) Normas Generales de Construcción del D.D.F.
Libro 2, Segunda Parte. Capítulo -2.20.9.
—Sistema Contra Incendios.
- Hidráulica General— Gilberto Sotelo Avila-México- Ed. Limusa.,1974.
- Diseño y Construcción de estructuras de concreto. Normas técnicas
y Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito
Federal (No.401)—Instituto de Ingeniería, México.—