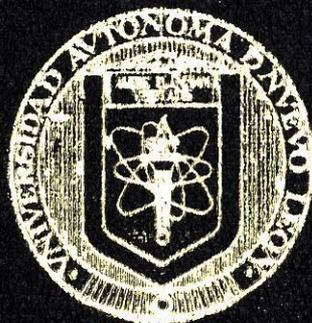


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"DISEÑO DE UN ESTABLO LECHERO Y SU ADAPTACION A UNA
INSTALACION EXISTENTE (PARA SU APROVECHAMIENTO)
EN LA FACULTAD DE AGRONOMIA, UANL. MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
PRESENTA

EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ

MARIN, N. L.

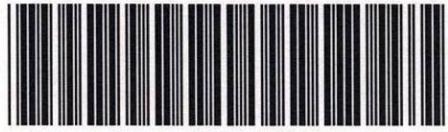
AGOSTO DE 1990

T

SF92

M3

C.1



1080062043

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"DISEÑO DE UN ESTABLO LECHERO Y SU ADAPTACION A UNA
INSTALACION EXISTENTE (PARA SU APROVECHAMIENTO)
EN LA FACULTAD DE AGRONOMIA, UANL. MARTINI, NI. I."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
PRESENTA

EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ

MARTINI, NI. I.

AGOSTO DE 1990

10425

mm

T
SF 92
M3

040.636

FA 17

1990

C.5



F tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

**"Diseño de un establo lechero y su adaptación a una
instalación existente (para su aprovechamiento)
en la Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L."**

T E S I S

**Que para obtener el título de
INGENIERO AGRICOLA**

Presenta

EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ

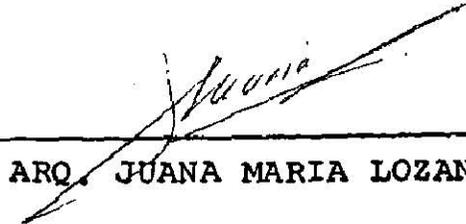
MARIN, N.L.

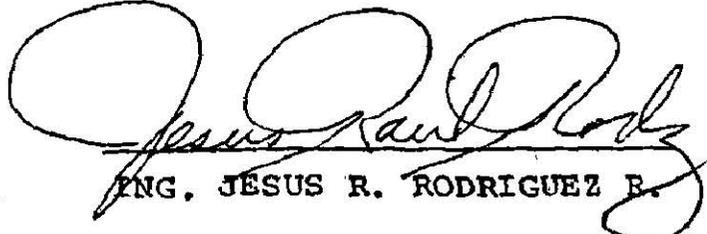
AGOSTO DE 1990.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

"Diseño de un establo lechero y su adaptación a una instalación existente (para su aprovechamiento) en la Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.". TESIS que presenta EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ como requisito parcial para obtener el título de INGENIERO AGRICOLA

COMITE SUPERVISOR:


ARQ. JUANA MARIA LOZANO G.


ING. JESUS R. RODRIGUEZ R.


DR. SERGIO PUENTE TRISTAN.-

MARIN, N.L.

AGOSTO DE 1990.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme permitido llegar a este punto de mi vida, por todos los éxitos obtenidos hasta ahora y los fracasos, de los cuales he recibido también enseñanza.

Dichoso el hombre que dá con la sabiduría./ feliz el hombre que adquiere inteligencia./ porque tal ganancia es mejor que la ganancia que da la plata./ porque ese lucro es más valioso que el oro.

Proverbios 3:13-14

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

Eusebio Martínez Gaytán

María del Carmen Hernández de Martínez

Por todos los sacrificios y esfuerzos para hacer de mí una persona útil a la sociedad y a mi país.

A MI HERMANO Y SU ESPOSA:

Pedro Martínez Hernández

Juana Hernández de Martínez

Por el apoyo ofrecido durante mi época de estudiante.

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES:

Arq. Juana María Lozano García

Ing. Jesús Raúl Rodríguez Rodríguez

Por la orientación y conocimientos recibidos y en especial por la comprensión y paciencia mostrada durante el desarrollo de este trabajo.

A MIS COMPAÑEROS:

Ing. Eduardo Fraga Bernal

Carlos Jaime García Alanís

Aurelio Vázquez Lugo

Filomeno Rojas Grimaldo

Lucrecia Cruz Prianti

Por su valiosa cooperación durante la realización de este trabajo.

INDICE GENERAL

	Página
I. PROLOGO.....	1
II. INTRODUCCION.....	3
III. REVISION DE LITERATURA.....	4
1. Historia de la lechería.....	4
2. Taxonomía.....	6
3. Factores a considerar al ubicar la explotación lechera.....	9
4. Componentes del establo lechero.....	11
a) Zona de alojamiento.....	12
b) Componentes del corral.....	21
- Sombreaderos.....	21
- Comederos.....	22
- Bebederos.....	24
- Saladeros.....	25
- Cercos.....	26
- Puertas.....	30
- Dispositivos de contención y sujeción....	30
c) Zona de ordeño.....	32
- Area de espera.....	32
- Sala de ordeño.....	32
- Cuarto de almacén y refrigeración de le - che.....	37
- Cuarto de máquinas.....	40
d) Almacenamiento del alimento.....	41
- Clasificación de los alimentos.....	41
- Raciones standar de alimentación.....	42
- Selección de los alimentos.....	44
- Datos requeridos para el diseño de almace - nes.....	47
e) Zona de alojamiento para animales de reem - plazo.....	47
- Primera etapa de crecimiento y desarrollo	47
- Segunda etapa de crecimiento y desarrollo	50
- Tercera etapa de crecimiento y desarrollo	51

	Página
f) Parideros y enfermerías.....	52
g) Toriles.....	53
h) Rampas para el embarque de animales.....	54
i) Sistemas para el manejo del estiércol.....	55
j) Separo de inspección.....	58
5. Iluminación de edificios agrícolas.....	58
a) Iluminación artificial.....	58
b) Iluminación natural.....	61
6. Indices de productividad.....	64
a) Estructura de hato.....	64
b) Infertilidad de vacas adultas y muerte em- brionaria temprana.....	64
c) Influencia del nacimiento de machos.....	65
d) Mortalidad durante el desarrollo.....	65
e) Infertilidad de las vaquillas primerizas..	65
f) Mortalidad durante el parto.....	65
7. Elementos de concreto reforzado.....	65
a) Viga.....	65
b) Sistema de piso de concreto reforzado.....	79
c) Columnas.....	82
d) Cimentación.....	85
- Cimientos ordinarios.....	87
- Zapatas de cimentación.....	89
8. Red hidráulica.....	94
a) Cálculo de la tubería.....	94
b) Potencia requerida por la bomba.....	104
9. Red sanitaria.....	108
IV. MATERIALES Y METODOS.....	115
V. RESULTADOS.....	116

	Página
1. Datos previos al diseño.....	116
a) Datos geográficos.....	116
b) Datos climáticos.....	116
c) Datos topográficos.....	116
2. Estimación de la cantidad de animales a criar	117
a) Vacas en producción.....	117
b) Vacas secas.....	118
c) Animales de reemplazo.....	118
3. Diseño de corrales.....	119
a) Vacas en producción.....	119
b) Vacas secas.....	121
c) Animales de reemplazo.....	122
4. Diseño de componentes o accesorios en los corrales.....	124
a) Vacas en producción.....	124
b) Vacas secas.....	126
c) Animales de reemplazo.....	126
5. Diseño de instalaciones anexas.....	133
a) Maternidades.....	133
b) Enfermerías.....	133
c) Toriles.....	134
d) Rampas para embarque de animales.....	134
e) Almacénes de alimento.....	134
f) Estercolero.....	138
6. Iluminación.....	141
a) Iluminación artificial.....	141
b) Iluminación natural.....	148
7. Diseño de los elementos constructivos.....	150
a) Piso de las plataformas de ordeño.....	150

	Página
b) Viga.....	154
c) Columnas de plazas.....	159
d) Zapatas de plazas.....	161
e) Columnas de fachada.....	169
f) Zapatas de fachada.....	172
g) Cimentación corrida.....	175
-Cimentación del conjunto de oficina, cuar- to de almacén de leche, máquinas y vesti- dores.....	175
-Cimentación de las plazas de ordeño.....	178
-Cimentación de fachada.....	179
8. Red hidráulica.....	179
9. Red sanitaria.....	184
a) Sala de ordeño.....	184
b) Conducción al exterior del área de ordeño.	186
VI. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	202
VII. RESUMEN.....	203
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	205

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
I	Cuadro comparativo entre ventajas y desventajas de diferentes tipos de postes.....	28
II	Cuadro comparativo entre distintos modelos de salas para ordeño.....	38
III	Dimensiones de tanques almacenadores de leche, modelo cerrado para diferentes capacidades.....	39
IV	Dimensiones de tanques almacenadores de leche, modelo abierto para diferentes capacidades.....	40
V	Cantidad estimada de alimento utilizado en la cría de una vaquilla.....	43
VI	Valores del coeficiente de utilización (CU), en función del índice del local.....	60
VII	Coeficiente de conservación (CC).....	62
VIII	Necesidades de iluminación.....	62
IX	Suministros de luz.....	63
X	Alturas mínimas recomendables para algunas lámparas de tipo incandescentes.....	63
XI	Peso de los materiales.....	66
XII	Coeficiente para fórmulas de vigas de sección rectangular.....	68
XIII	Esfuerzos permisibles en el refuerzo.....	69
XIV	Areas y perímetros de varillas redondas.....	73
XV	Número de varillas en vigas de distintos anchos.....	74

Tabla		Página
XVI	Esfuerzos permisibles en el concreto.....	75
XVII	Esfuerzos permisibles por adherencia.....	78
XVIII	Espesores o peraltes mínimos para miembros a flexión.....	82
XIX	Velocidades de viento y sus correspondientes presiones horizontales.....	86
XX	Cargas normales del viento (Pn) en función de la carga horizontal y la inclinación del tejado.....	87
XXI	Clasificación y resistencia de diferentes tipos de terrenos.....	88
XXII	Ancho de cimientos corridos según la resistencia del terreno.....	90
XXIII	Pérdida de carga en metros por ampliación brusca de sección en tuberías.....	101
XXIV	Pérdidas de carga en metros, debido a reducción brusca de sección de tuberías.....	102
XXV	Velocidades prácticas en conductos.....	109
XXVI	Pendiente límite en conductos de alcantarillados.....	110
XXVII	Valores del factor de rugosidad para uso en las fórmulas de Kutter y de Manning.....	111
XXVIII	Datos de la nivelación del perfil entre la salida del desague y el punto de descarga...	117
XXIX	Resumen del cálculo en corrales.....	131
XXX	Resumen del cálculo en componentes del corral.	132
XXXI	Resumen en el cálculo de iluminación para la sala de ordeño.....	149

Tabla	Página
XXXII Pérdidas de carga por fricción en la sala de ordeño y corrales de vacas en producción....	181
XXXIII Pérdidas de carga por fricción en la explotación.....	182

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Sistema de alojamiento mediante confinamiento completo.....	14
2	Alojamiento a base de cubículos de acceso libre.....	15
3	Corrales combinados con cubículos de acceso libre.....	17
4	Tres arreglos de corrales tipo rectangular...	19
5	Comparación de 2 mitades de conjuntos de corrales radiales.....	20
6	Posición de los animales en los tres modelos básicos de salas.....	35
7	Plano de sala tipo poligonal.....	36
8	Nomograma para obtener pérdidas de carga por entrada en tuberías.....	98
9	Escalas adyacentes que resuelven la fórmula de Archer para el cálculo de la pérdida de carga por ampliación brusca de sección.....	99
10	Diagrama para obtener pérdidas de carga por obstrucción o válvulas en tuberías.....	103
11	Diagrama para estimar pérdidas de carga por fricción en válvulas y accesorios.....	105
12	Diagrama para calcular pérdidas de carga por curvas en tuberías.....	106
13	Esquema general para el cálculo de la red hidráulica.....	180
14	Esquema de la conducción sanitaria al exterior de la sala de ordeño.....	195

Figura		Página
15	Esquema del registro contemplado en el proyecto.....	196
16	Fosa séptica (Planta).....	200
17	Fosa séptica (Elevación).....	201

PROLOGO

La demanda de la leche y sus derivados en los principales centros de consumo, ha venido haciendo que la rama lechera vaya en aumento y al mismo tiempo, este mayor consumo de leche va relacionado con el crecimiento de la población.

De ahí la importancia que se le debe dar a los bovinos lecheros, tanto en su manejo y alimentación como en los sistemas de ordeña y alojamiento para poder incrementar la producción de leche.

Los factores que en el presente limitan dicha producción son las erogaciones que se hacen al iniciar o incrementar la producción de leche; hay tres tipos de erogaciones: 1) la adquisición o crianza de vacas lecheras; 2) producción y/o adquisición de forrajes verdes y concentrados y 3) construcciones e instalaciones. Los primeros conceptos son materia del Ingeniero Agrónomo y su importancia es básica para la producción de leche.

El tercer punto, el diseño de instalaciones y construcciones, es el motivo de esta tesis y se hace considerando dos criterios: el del Ingeniero Agrónomo Zootecnista y el del Ingeniero Civil; el primero se deriva de un conocimiento y actualizado en cuanto a condiciones adecuadas para las vacas lecheras. El Ingeniero Civil por su parte, interpreta las necesidades concretas para hacer diseños tan sen-

cillos como sea posible, sin sacrificar funcionalidad y sobre todo, sin perder de vista el aspecto económico.

Las características requeridas de un Ingeniero Agrónomo e Ingeniero Civil anteriormente mencionadas, se reúnen en una sola profesión, el Ingeniero Agrícola, ya que éste cuenta con conocimientos de Agronomía (ya sean Fitotecnistas o Zootecnistas) y conocimientos de Ingeniería Civil (relacionados con las construcciones e instalaciones).

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo, es el plantear un esta blo lechero cuyo diseño sea más acorde a las necesidades actuales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (F.A.U.A.N.L.), la capacidad mínima de esta explotación será de 250 vacas en producción; con lo anterior, se busca aumentar la eficiencia en en consecuencia, la producción que a su vez repercutirá en los ingresos de la escuela.

Por otra parte, se busca aprovechar (con modificaciones) la construcción que se encuentra en el área, donde se pretende establecer la explotación (área cercana a la bomba de los nogales), esta instalación anteriormente se utilizó en ovinos y actualmente, está sin uso alguno.

REVISION DE LITERATURA

Historia de la Lechería

El ganado vacuno ha sido un factor clave en el desarrollo de la civilización occidental, podría dedicarse en un libro entero a la interesante historia de la importancia en el pasado. Aquí, presentamos un breve resumen.

Parece que el ganado vacuno fue domesticado y utilizado por el hombre desde mucho antes de las épocas registradas por la historia. En los vestigios de las civilizaciones que se desarrollaron en torno al Mar Mediterráneo, 3000 años antes de J.C. hay dibujos de vacas y de hombres ordeñándolas. El ganado vacuno lechero también representó un importante papel en la vida de los pobladores de los lagos de Suiza, según las reliquias que se han encontrado en sus ruinas.

Hay muchas referencias al ganado vacuno, a la leche y sus productos, en el antiguo Testamento de la Biblia. El ganado vacuno se ha usado para producir carne y leche y como animal de trabajo, durante todo el desarrollo de la especie humana. En la Roma antigua, la explotación del ganado vacuno era un arte bien establecido y una de las primeras descripciones de las vacas lecheras con que contamos, se encuentran en los escritos de barro, en el siglo primero antes de J.C.

Aunque difiere algo de nuestros conceptos actuales, la descripción anterior es tan detallada como nuestras normas ordinarias de calidad para el ganado de leche.

Aunque se ha explotado el ganado vacuno durante siglos, los enormes progresos en el desarrollo de la industria lechera no se han registrado hasta los tiempos modernos.

Las razas que predominan en América se han originado todas en Europa y en la Gran Bretaña.

En la época del descubrimiento de América, el ganado vacuno lechero formaba parte importante de la vida y de la agricultura de las poblaciones de Inglaterra y Europa occidental.

Cuando llegó Colón a América en 1492, no había ganado vacuno. En muchos casos los primeros conquistadores no trajeron vacas consigo y las vacas figuraron entre las demandas más urgentes de los colonizadores a sus países de origen.

La mayor parte de las primeras importaciones fueron de ganado cruzado, hasta mediados del siglo diecinueve, no llegó a los Estados Unidos el ganado que sirvió de base a las razas actuales manteniéndose como raza pura. Durante el período colonial y hasta pasada la mitad del siglo diecinueve, la explotación lechera estuvo limitada a rebaños relati

vamente pequeños cuidados por la familia; las prácticas de explotación estaban en un nivel que hoy consideraríamos muy deficiente.

Poco después de 1850 hubo un progreso significativo y numerosos inventos que hicieron posible la industria lechera, tal como en la actualidad. Entre ellos figuran el invento de la leche condensada por Borden en 1856, el invento de la desnatadora centrífuga en 1878, el establecimiento de los métodos de determinación de la grasa en la leche, por Babcock, y la adaptación a la leche del sistema de pasteurización, la refrigeración mecánica, la homogenización y el envasado y transporte modernos, también han tenido su importancia (14).

Taxonomía

Recordando la taxonomía en vigor, el ganado vacuno pertenece a la clase de los mamíferos, orden de los artidoáctilos (animales de pezuña hendida) y suborden Pecora, en el que también se incluyen a los ciervos y jirafas. Los animales de dicho suborden se caracterizan por tener el estómago dividido en cuatro compartimientos, los que les permite digerir y aprovechar los forrajes groseros. Pertenece a la familia de los bovinos, que comprende también a los caprinos, ovidos y antilopes, todos ellos caracterizados por poseer cuernos huecos, formados por un estuche córneo vacío en su interior. El ganado vacuno corresponde al géne

ro Bos, distinto de los demás géneros que integran la familia. Los bóvidos domésticos explotados normalmente son de dos especies, una de origen europeo, Bos taurus, también llamada Bos typicus primigenius. La otra especie es conocida con el nombre de Bos indicus -comúnmente llamada cebú o "Bóvido indo"- . La mayoría del ganado vacuno lechero de Estados Unidos pertenece a la especie Bos typicus.

Raza. Una raza puede definirse como un grupo de animales que proporcionan análoga descendencia y están preparados para una función especial. En Estados Unidos los Bóvidos explotados con fines eminentemente lecheros, pertenecen a las razas Ayrshire Parda Suiza, Guernsey, Holstein y Jersey (10).

Las razas europeas con mejores cualidades de adaptación a las condiciones tropicales, más específicamente, con mayor resistencia al calor son: Holandesa, Jersey, Guernesey Parda Suiza y Ayrshire.

Holandesa. Es la más popular en todo el mundo y una de las que han evidenciado mejores cualidades de adaptación a los climas cálidos. Su popularidad resulta no sólo de su resistencia al calor, sino también de su alta producción lechera y de su gran corpulencia, pudiendo ser explotada por lo tanto, con la doble finalidad de producción de leche y carne (3). La raza Holstein como se llama comúnmente (Holstein-Friesian) fue desarrollada en la parte norte de los

países bajos (Holanda), especialmente en la provincia de Friesland y en las provincias vecinas al norte de Alemania. El diseño de su color es de proporciones variables de blanco y negro, con marcas definidas y rabo blanco (19). Su peso varía en las hembras entre 400 y 550 kg, y a veces más; el peso de los toros pueden llegar a los 700, 800 y hasta alcanzar los 1,000 kg (31).

Parda -Suiza. De todas las razas europeas explotadas en los trópicos es la que tiene mejor porte y por ello, como la Holandesa, su explotación persigue la doble finalidad de producción de leche y carne (31). La raza Suiza se desarrolló en los valles y en las ásperas montañas de Suiza, específicamente en el cantón de Schwyz, en la región oriental del país. El color varía desde plateado hasta café oscuro. La nariz y la lengua son negras y una banda de color claro se extiende alrededor de la nariz. Las vaquillas son lentas para madurar y generalmente no entran en producción sino hasta aproximadamente tres meses después que las vaquillas Holstein. El período de gestación también es de aproximadamente 7 a 10 días mayor que el de las otras razas lecheras (20). Las vacas pesan por lo general entre 550 y 600 kg y los toros llegan a pesar 1,100 kg (31).

Ayshire. Su valor proviene de sus grandes aptitudes para el pastoreo (31). Esta raza se desarrolló en el condado de Ayr en la región sudoccidental de Escocia. El nombre

de la raza proviene del nombre del condado. Esta raza de ganado se caracteriza por su color blanco y rojo. El color rojo varía del rojo cereza al rojo caoba, y es diferente de los rojos encontrados en otras razas. Las vacas Ayrshire adultas pesan aproximadamente 1200 lb (544.3 kg) (20).

Guernsey. Esta raza se originó primeramente en las islas del Canal que se encuentra cerca de la costa norte de Francia. Los animales en Alderney, Sark y Guernsey, se conocieron como Guernsey. Los animales de la raza Guernsey tiene un tinte dorado con marcas blancas claramente definidas. Las vacas adultas pesan aproximadamente 1,100 lb (499 kg) (20).

Jersey. Al igual que la Guernsey posee gran aptitud para soportar las temperaturas tropicales. No obstante, no es una raza tan popular como la Holandesa, tal vez porque no es tan altamente productora de leche, ya que sus principales características son la de producir leche muy grasa (31). La raza Jersey se desarrolló en la isla de Jersey. Los colores incluyen varios tonos de dorado, con marcas blancas o sin ellas (20). Su peso es en las vacas entre 350 y 450 kg, mientras que en los machos llega a los 700 kg o más (31).

Factores a considerar al ubicar la explotación lechera

Al localizar una explotación de ganado bovino especializado en producción de la leche, deberán tomarse en

cuenta ciertos factores como son:

- 1). Climatológicos
- 2). Transportes de alimentos y leche
- 3). Tamaño de la explotación
- 4). Prácticas de manejo, entre las que se deben contemplar:
 - a). Actitudes específicas que requieren personal capacitado como en la cría y desarrollo de becerros.
 - b). Prácticas de reproducción y mejoramiento genético.
 - c). Manejo del ordeño
 - d). Alimentación
 - e). Manejo de desperdicios
 - f). Instalaciones que deberán ser seleccionadas en base a los objetivos de la explotación y al medio ambiente existente.

La eficiencia de la vaca lechera para convertir forraje y grano en leche, así como el alto valor nutritivo de este alimento, han permitido que los establos dedicados a la producción de leche se localicen en tierras de un valor relativamente bajo. Estos establos deben contar con el terreno necesario para el manejo del estiércol, que al ser trasladado y tratado adecuadamente contribuirá manteniendo la fertilidad de la tierra, que a su vez producirá forraje, fuente importante de energía en la producción de leche.

En el proceso productivo debemos considerar los costos por traslado de leche, alimentos y desperdicio, en general debemos pensar que los costos de traslado siempre serán altos y que se incrementarán con el tiempo. También se

considerará la superficie destinada a la explotación, ya que de ella dependerá parcialmente el sistema y diseño a adoptar.

Componentes del establo lechero

En la explotación lechera intensiva, la cual se caracteriza por la estabulación permanente de los animales, los diversos componentes que la integran deben acoplarse de tal forma que se logre una unidad funcional; esto es, un arreglo de espacios que facilite las diversas actividades.

Independientemente de la región geográfica en que se localice, ciertas partes son comunes en todos los sistemas de explotación intensiva; éstas son:

- a). Zona de alojamiento: Comprende las áreas de descanso pasillos o áreas de circulación para el ganado, comederos y bebederos.
- b). Zonas de ordeño: Comprende el área de espera y baño, sala de ordeño, cuarto de almacén, refrigeración de leche, cuarto de máquinas y utilería.
- c). Zona de almacenamiento: Comprende silos para forrajes succulentos, heniles para forrajes secos, bodegas o silos tolva para alimento concentrado.
- d). Zona de alojamiento para animales de reemplazo
- e). Zona de parideros y enfermería
- f). Rampas para embarque de animales
- g). Zona de manejo de estiércol, rampas, fosos, plataformas, etc.

h). Separo para inspección y manejo de animales (18).

Zona de alojamiento

En los últimos años los sistemas de alojamiento para el ganado lechero han experimentado una evolución radical, no solo por la atención que se ha dado al diseño de instalación, sino también por la diseminación que la lechería ha tenido prácticamente en todas las regiones geográficas del mundo. Este hecho ha generado diferentes concepciones de las instalaciones lecheras, siendo las características climáticas las que han determinado los diseños tanto de alojamiento como de instalaciones de apoyo. El concepto clásico de estabulación fija, en la que el ganado permanecía inmovilizado junto al pesebre mediante dispositivos de sujeción, está siendo rápidamente desplazado por el concepto de estabulación libre e inclusive son numerosas las regiones tanto en nuestro país como en países tradicionalmente lecheros en que el concepto de estabulación fija ha sido superado.

La estabulación libre, cualquiera que sea su variante, consiste en dejar suelto al ganado en sus albergues, teniendo plena libertad de movimiento en todo momento. Con este sistema se logra la comodidad de los animales, necesidad no siempre comprendida por muchos ganaderos. Las variantes de la estabulación libre están en función de la región geográfica en donde se localice la explotación lechera, así

en los climas secos, el corral de tierra abierto es el alojamiento más indicado, ya que el nivel de precipitación pluvial no justifica la construcción de alojamientos complicados. En regiones en las que la precipitación pluvial es elevada, el alojamiento indicado es el lote pavimentado con casillas individuales techadas para acomodo y protección de los animales (18).

El sistema de alojamiento de ganado lechero debe desempeñar varias funciones:

- 1). Proporcionar un ambiente sano y cómodo para las vacas.
- 2). Proporcionar condiciones convenientes de trabajo para los operarios.
- 3). Integrarse con los sistemas de alimentación, ordeña y manejo del estiércol.
- 4). Satisfacer los requerimientos del punto de vista sanitario.
- 5). Optimizar la eficiencia de la mano de obra en lo que se refiere a las vacas manejadas y la leche producida por el hombre.
- 6). Ser factible desde el punto de vista económico (8).

Existen cuatro posibilidades básicas en un sistema de alojamientos:

- 1). Confinamiento completo (estabulación total), la que podrá ser abierta o cerrada y a su vez totalmente pavimentada o con piso de rejilla (Figura 1).
- 2). Cubículos de acceso libre (Figura 2).

1. Dispositivo para amarrar el animal mediante cadena
2. Bebedero para dos animales a una altura de 60 cm
3. Comedero
4. Pasaje central
5. Pasaje para ordeña y limpieza
6. Canal para majada con rejilla
7. Canal para majada abierta

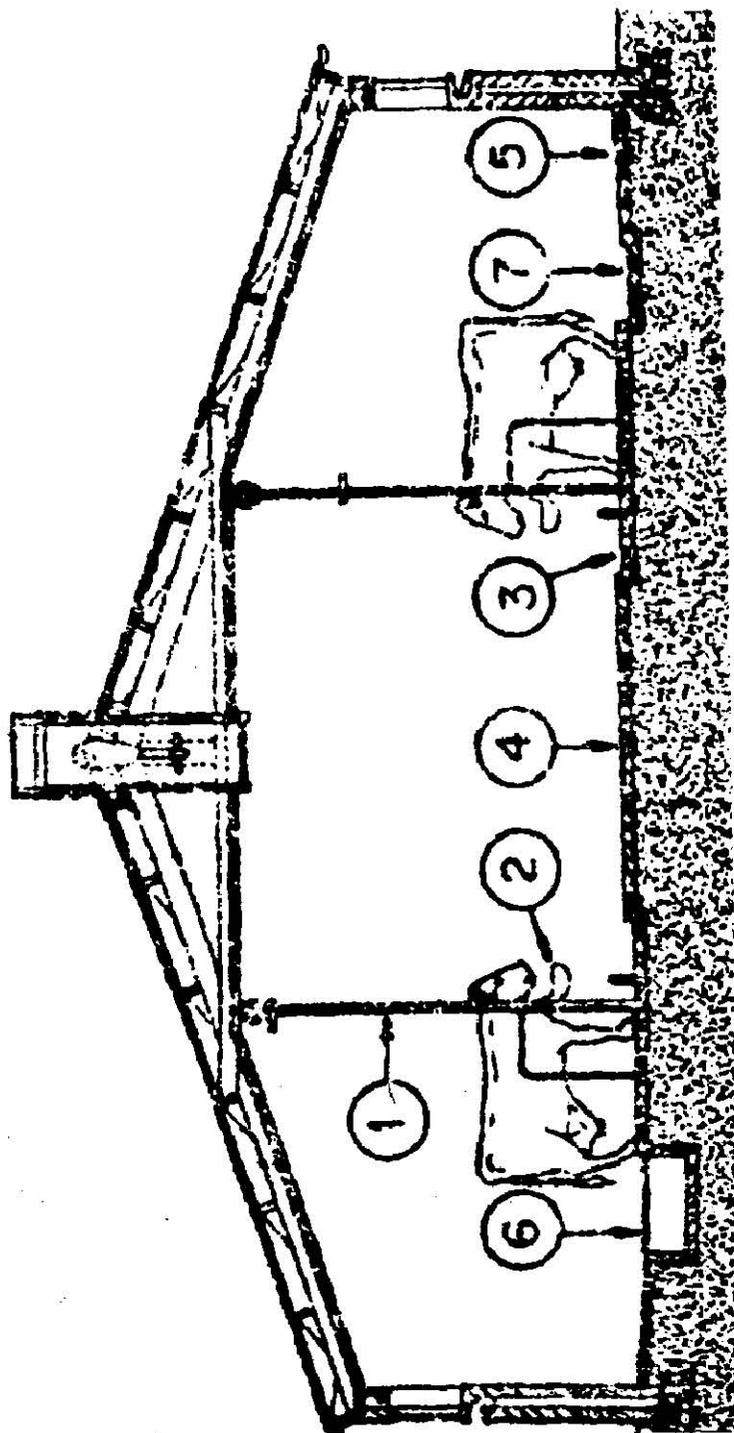


Figura 1. Sistema de alojamiento mediante confinamiento completo.

- 8. Piso de la nave
- 9. Pasaje central para suministrar forrajes
- 10. Reja de alimentación
- 11. Entrada de aire para ventilación
- 12. Salida de aire
- 13. Partes transparentes
- 14. Techo de láminas con una pendiente de 5% aprox.

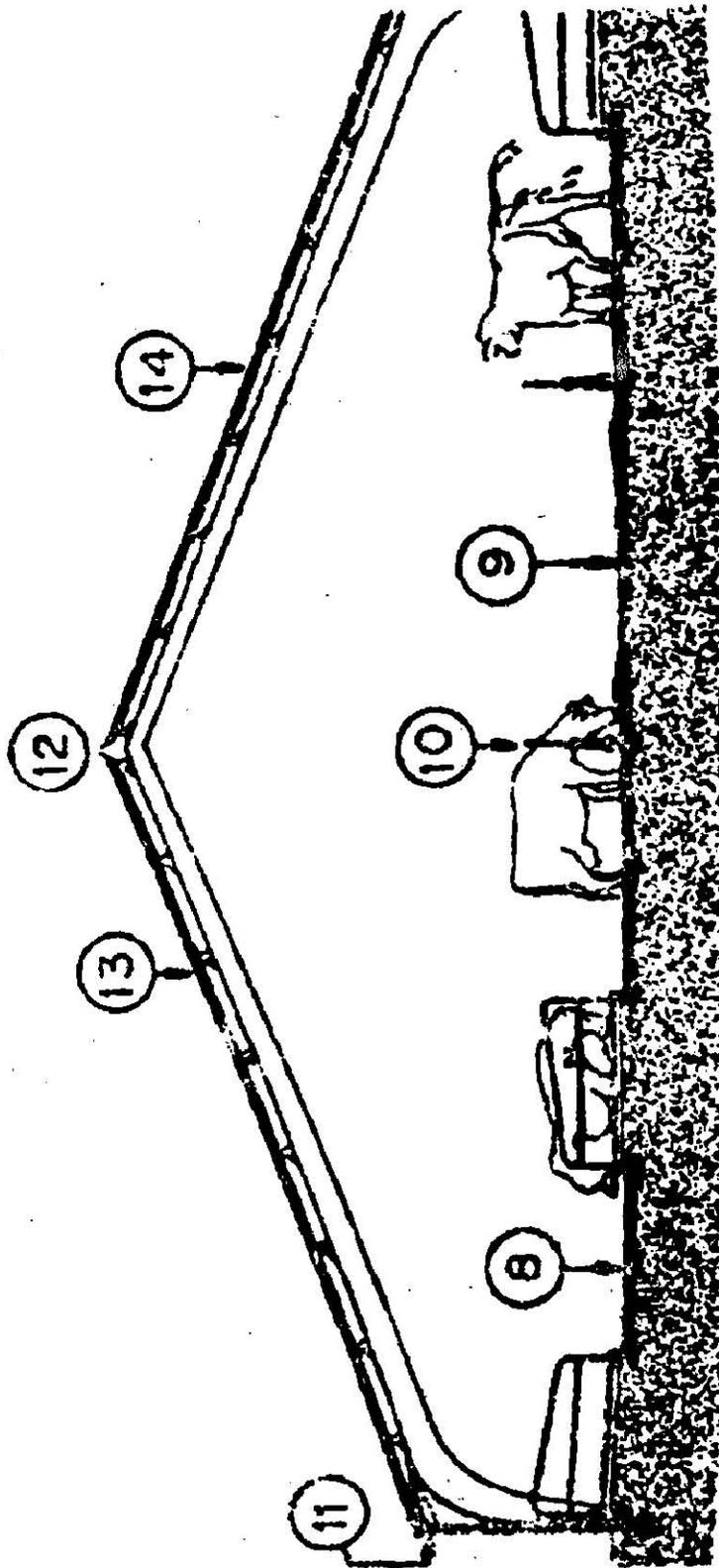


Figura 2. Alojamiento a base de cubculos de acceso libre.

- 3). Corrales combinados con cubículos de acceso libre (Figura 3).
- 4). Corrales que podrán ser pavimentados, semipavimentados o no pavimentados, los que a su vez podrán contar o no con protecciones (sombreaderos) (6).

El tipo de alojamiento que mejor se adapta a una ganadería dada depende de muchos factores, entre las principales consideraciones se encuentran:

- 1). El clima
- 2). El tamaño del hato
- 3). Las condiciones y distribución del sistema actual de alojamientos
- 4). El costo
- 5). Las preferencias personales (8).

El alojamiento tipo corral de tierra con sombreaderos es el sistema más adecuado para aquellas regiones con precipitaciones pluviales bajas (climas áridos o secos esteparios) o no mayores de 500 mm al año.

Las ventajas más importantes que ofrece el sistema tipo corral son las siguientes:

- a). Se facilita el manejo del estiércol, en virtud del área de dispersión y por la acción directa del sol
- b). Su mantenimiento es sencillo
- c). Su construcción es simple y económica

Existe básicamente dos diseños de corrales de tierra

- 15. Área de alimentación con piso firme
- 16. Comedor
- 17. Bebedero
- 18. Área con cama de paja
- 19. Almacén de forrajes
- 20. Corral de espera, antes de la ordeña
- 21. Sala de ordeña

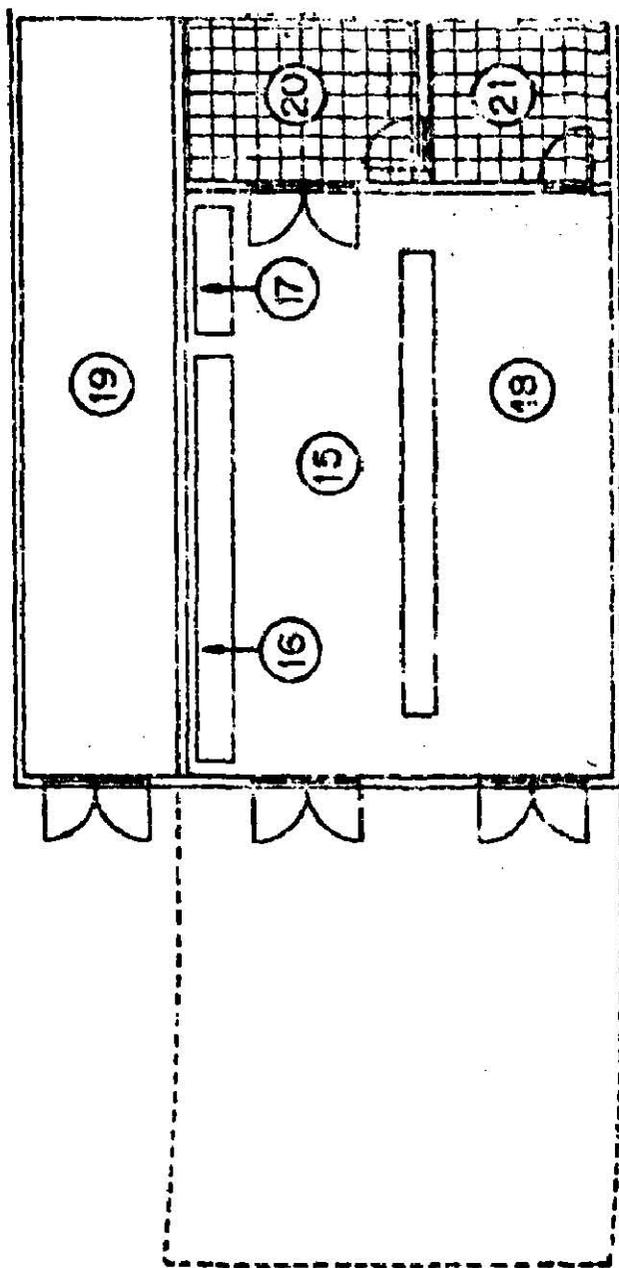


Figura 3. Corrales combinados con cubículos de acceso libre.

el tipo rectangular, el cual se presta a disposiciones en tandem y el tipo triangular, que se aplica a conjuntos tipo abanico.

- 1). Tipo rectangular. Tres son los arreglos básicos de corrales tipo rectangular.

Arreglo A. con pasillo central para suministro de alimentos y tránsito de ganado (Figura 4).

Arreglo B. Con pasillo central de alimentación y pasillos adyacentes para la circulación del ganado limitados por cercas (Figura 4).

Arreglo C. Pasillos periféricos para alimentación y pasillo central para tránsito de ganado (Figura 4).

- 2). Corrales en abanico. Cuando el tamaño del hato excede de las 500 cabezas, las distancias entre la zona de ordeño y el corral rectangular más alejado son grandes, en cambio con la disposición de corrales en abanico se acortan esas distancias y por lo tanto, se reduce el tiempo perdido en mover a los animales (Figura 5).

Las ventajas más importantes de la disposición en abanico, es que todos los corrales están a la misma distancia de la zona de ordeño, facilitándose también el suministro de forrajes. La máxima capacidad práctica con esta disposición es indefinida. El espacio lineal de comederos por cabeza y la superficie por animal, determinan el ángulo y la longitud de este

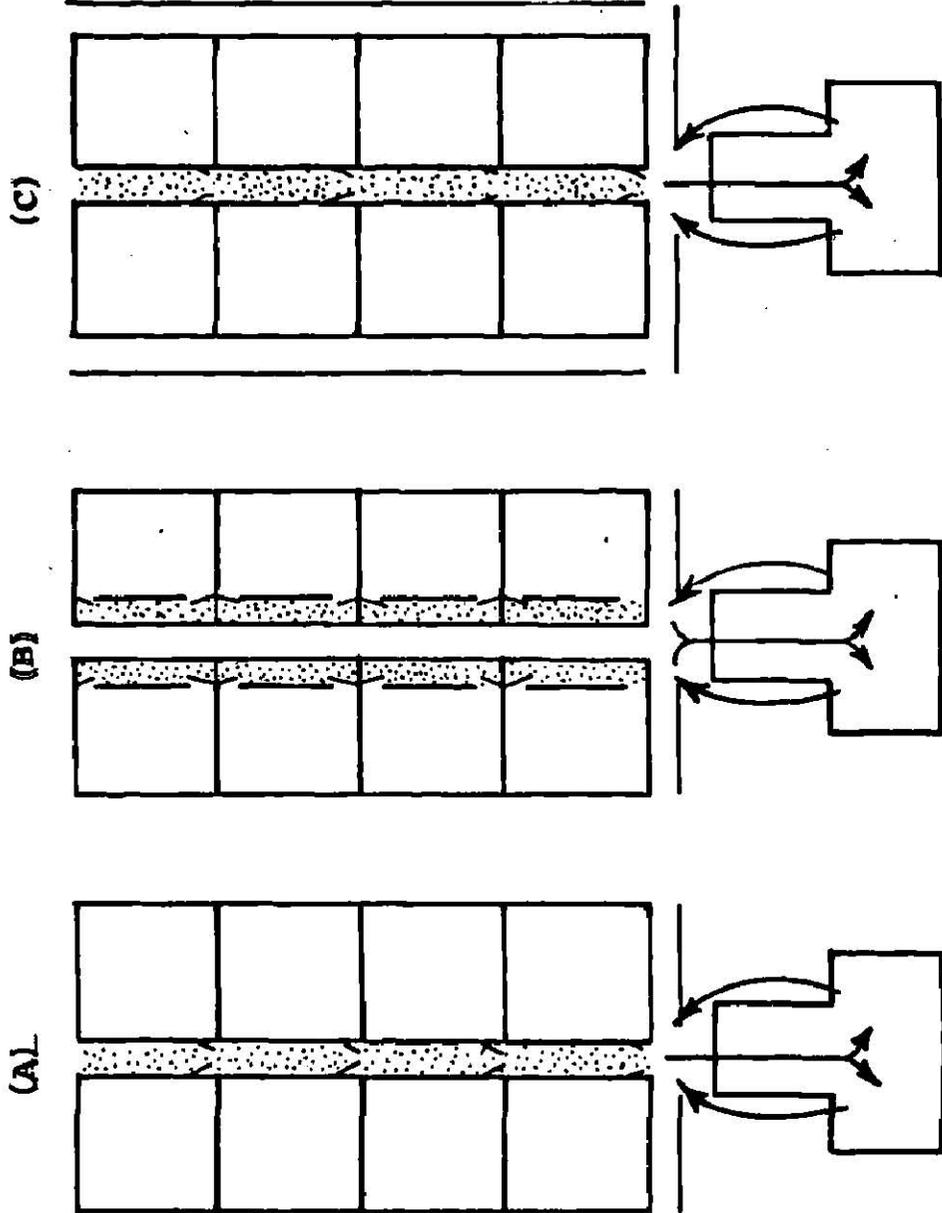


Figura 4. Tres arreglos de corrales tipo rectangular.

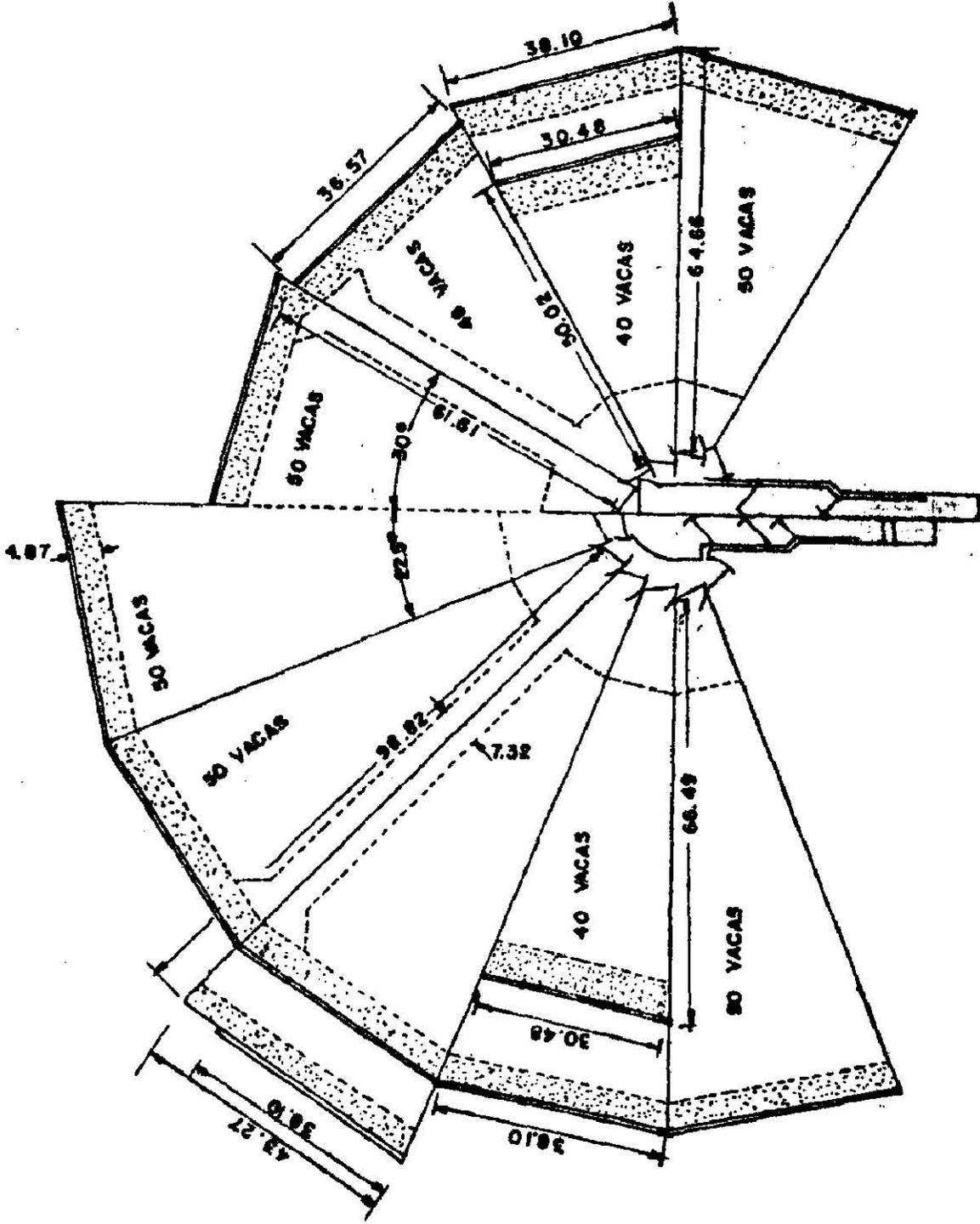


Figura 5. Comparación de 2 mitades de conjuntos de corrales de corrales. Una con ángulo de abertura de 22.5° y otra de 30°. El corral de 30° acomoda el mismo número de animales pero requiere 25% menos de espacio que el de 22.5°. También se ahorran cercas entre corrales y distancias a zona de ordeño.

tipo de corral. Cuando se opta por el corral tipo abanico, se debe procurar una buena distribución de ciertos elementos tales como sombreaderos y bebederos, con el objeto de lograr un aprovechamiento óptimo del espacio, debiendo evitar que los animales se encuentren en una zona reducida (18).

Componentes del corral

Sombreaderos. Estas estructuras son indispensables para proteger el ganado de las altas temperaturas veraniegas, asegurando de esta manera la comodidad y el rendimiento de los animales cuando las condiciones climáticas son críticas.

El material que se use para el techo es de gran importancia desde el punto de vista de la absorción y conducción del calor. El carrizo y la lona impermeabilizada son materiales que aseguran una temperatura más baja que la del ambiente, existiendo sin embargo, el inconveniente de su menor durabilidad y su relativa fragilidad a la acción de los vientos fuertes.

Las láminas galvanizadas o de acero pintadas, absorben e irradian una gran cantidad de calor, por lo que no siempre son las más adecuadas para garantizar una temperatura más baja que la ambiental debajo del sombreadero. De ser elegidas se recomienda que estén pintadas de blanco en su

parte superior para aumentar la reflexión de los rayos solares y en consecuencia, reducir la absorción del calor. El asbesto representa una mejor opción, ya que amortigua mejor el calor que las láminas metálicas, aunado a esto su instalación es más sencilla y se le consigue fácilmente; sin embargo, también tiene el inconveniente de su fragilidad si se compara con la lámina metálica.

Se debe proporcionar como un mínimo 3.70 m^2 de sombreadero por cabeza adulta, 2.80 m^2 para vaquillas de 15 a 22 meses de edad y 0.80 a 1.0 m^2 para animales menores de 6 meses. Debe procurarse que tenga una altura suficiente para facilitar la disipación del calor y para que su sombra se proyecte bien en el resto del corral en las diferentes horas del día. Una altura de 3.10 m se considera mínima en alojamientos para animales adultos, pudiendo llegar hasta los 4 m de altura en caso de sombreaderos muy grandes. Su ancho puede ser el doble de su altura y pueden requerirse más de dos hileras de postes de soporte según la anchura del mismo (18).

Comederos. Estos podrán variar en forma y construcción pero siempre deberán llenar los requisitos siguientes:

- 1). Proveer con espacio suficiente y de fácil acceso a cada animal para la obtención del forraje y concentrado.
- 2). Evitar desperdicio de alimento
- 3). Evitar que los animales se lastimen al obtener el alimento.

Para la construcción de comederos se pueden considerar tres tipos:

- a). Banqueta
- b). Canoa
- c). Combinación de banqueta y canoa

De acuerdo con el sistema elegido, se deberá adoptar un sistema de sujeción o separación del ganado durante la alimentación; esto puede lograrse estableciendo sistemas de candado, tubulares o de madera, mismos que podrán ser individuales o por tramos, o bien, simples separaciones para evitar que los animales se molesten al comer.

Bajo estas condiciones, se deberán dar entre 60-75 cm lineales mínimo por vaca cuando se suministre alimento en lapsos determinados y de 30.45 cm mínimo cuando se alimente a libre acceso y en este caso se puede eliminar el uso de candado.

El comedero de carpa debe ser de concreto armado con fondo cóncavo y dos paredes longitudinales, siendo la posterior más alta que el anterior.

El comedero de banqueta tiene solo un borde de 45 cm de alto que separa hacia el pasillo de servicio por donde solamente transitan vehículos y personal. En estos casos debe utilizarse un sistema de candado tubular para evitar que el ganado pase al comedero. Su base tiene 45 cm de ancho.

El comedero combinado tiene el mismo borde de 45 cm de alto, su fondo es también de 45 cm de ancho, pero con la diferencia de que el pasillo de servicio queda 30 cm más alto que el fondo del comedero, no existiendo ninguna otra división (5).

En el área de alimentación, debido al intenso tránsito, se recomienda poner banquetas de concreto, terminadas con ranuraciones de 7 x 7 mm y siempre deben mantenerse limpias. El ancho de dichas banquetas será de 3 m, con un declive del 2.5-3% cuidando que el remate de esta pendiente sea suave para evitar superficies angulares que lesionen las patas del ganado (5).

La anchura de las banquetas interiores debe ser de 1.40 m para becerras de 4-6 meses, 1.70 m para becerras de 7-15 meses y 2 m para vaquillas cargadas de 16-22 meses (3).

Bebederos. Hay dos tipos; los bebederos de pileta con control automático de flujo (flotadores) y el bebedero automático de tazón. En la mayoría de los establos se utiliza el tipo pileta utilizándose los bebederos tipo tazón en instalaciones tales como parideros y alojamientos para becerras. El bebedero de pileta es el más práctico. En alojamientos tipo corral, se recomienda ubicarlo alejado de la zona de comederos con el fin de utilizar mejor el área del corral y evitar la concentración del ganado en áreas reducidas del mismo.

Lo usual es ubicar los bebederos entre las cercas divisoras de los corrales, lo que se traduce en una mayor economía. Los bebederos pueden ser de concreto o de tabique, debiendo en ambos casos tener un acabado interior liso para facilitar su limpieza.

Las dimensiones de los bebederos dependerán del número de animales por lote, debiendo tener como base que el 10% de los animales puedan beber al mismo tiempo en cualquier momento y asignando un espacio lineal de bebedero por cabeza de 0.70 a 0.75 m para animales adultos; para animales jóvenes (menores de 22 meses) el espacio lineal de bebedero es igual al asignado para comederos. La anchura interior de la pileta debe ser de 0.90 m considerando que un bebedero es compartido por dos corrales (un lado por corral) (18).

Saladeros. Estos son componentes agregados o individuales que sirven para la colocación de sales a granel o en bloques y siempre a libre acceso de los animales. Es común ubicarlos adyacentes a los bebederos separándolos de éstos únicamente por un muro para evitar que las sales se mojen. En este caso sus dimensiones en cuanto a anchura se ajustan a las del bebedero, siendo su espacio lineal ajustado al acceso de un solo animal. Según el número de animales por corral, se determina si se instala uno o varios saladeros. Las características de este componente son sencillas; básicamente consiste en un espacio limitado por muretes, el muro del extremo terminal y el que lo separa del bebedero sue

len ser altos (0.50 m) para evitar desperdicios; los muretes de los accesos deben ser de 0.10 a 0.15 m de alto, lo que les da capacidad suficiente para el depósito de sal a granel o en bloque (18).

Cercos. En general se puede decir que hay dos tipos de funciones de los cercos: las relacionadas con la administración o manejo del ganado, las relacionadas con la administración o manejo de praderas o agostaderos y la delimitación de propiedad.

Se establecen cinco tipos:

- a). Setos vegetales (chumbreras)
- b). Cercas de piedra
- c). Cerca de alambre de puas
- d). Cerca de alambre liso
- e). Cercas de malla

Las chumbreras son utilizadas preferentemente por pequeños ganaderos. Los cercos de piedra son obsoletos por su costo tan elevado de mano de obra.

Los cercos de alambre de puas tiene serias desventajas económicas; por exceso de postes y alto costo de mantenimiento.

Los cercos con alambre liso utilizan alambre acerado, se utilizan pocos postes (15 a 30 m entre ellos). Se utilizan separados de madera de 1 1/2" x 2" que llevan las mismas

perforaciones que los postes y trabajan suspendidos 5 cm del suelo. Una ventaja de este cerco es la reducción de los costos de mantenimiento, pues el alambre no se suelta ni se desgrapa. Una ventaja más del alambre liso, es que su resistencia a la herrumbre es mayor al no guardar humedad en el torcido del alambre o con las púas. De mayor importancia aún, es el hecho de que no produce heridas. Las heridas causadas por el creco de púas, son particularmente costosas en casos de ganado lechero.

Los cercos de malla son demasiado costosos en México por ser popular. Se usa en manejo de ovinos y caprinos (4).

Los materiales (enfocados al cerco de alambre liso son).

- a). El alambre. Con el alambre acerado se puede mantener un cerco a mayor tensión y que conserven sus calidades de elasticidad para reducir golpes y empujones. En general, se debe considerar que el alambre debe trabajar a una tensión abajo de la mitad de su resistencia a la ruptura. La tensión que se debe dar al restirar el alambre debe ser menor o aproximado a un cuarto de la resistencia a la ruptura.
- b). Los postes. Los postes de granito constituyen una curiosidad, la resistencia de los postes de concreto es menor que la de los de madera. El poste de acero no se quiebra pero empieza a doblarse (4). En la Tabla 1, se analizan ventajas e inconvenientes de diferentes tipos de postes (1).

Tabla I. Cuadro comparativo entre ventajas y desventajas de diferentes tipos de postes.

Elemento	Ventajas	Inconvenientes
Pino sin tratar	<ul style="list-style-type: none"> - Subproducto local de limpia y entresaca de repoblaciones - Económico en zonas productoras - Resistencia a la rotura - Facil transporte - Facil manejo 	<ul style="list-style-type: none"> -Muy corta duración (3 a 5 años) -Muy sensible al fuego por su cobmustiabilidad - Muy sensible a la podredumbre. - Exige proximidad entre postes (1 a 2.5 m)
Pino pinaster (tratado)	<ul style="list-style-type: none"> - Facil adquisición - Facil transporte - Facil manejo - Resistencia a la rotura - Larga duración (15 a 20 años) - Posibilidad de hincado directo al suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Precio elevado en relación a los otros de madera -Exige relativa proximidad entre postes (4-5 m)
Traviesa de ferrocarril	<ul style="list-style-type: none"> - Gran duración (10 a 15 años) - Resistencia al fuego - Mayor distancia entre postes (4-10 m) - Resistencia a la rotura - Económicos en zonas cercanas al ferrocarril 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil manejo por su peso (35 a 50 kg) -Difícil adquisición -Gastos de transporte elevados
Hormigon armado	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción posible a pie de obra - Resistencia al fuego - Versatil (se adapta a todo alambre y malla) - Facilidad de adquisición - Permite más separación entre postes (4-12 m) 	<ul style="list-style-type: none"> - Frágiles - Dificultades de transporte por el peso - Relativamente caro - Gran variabilidad en su duración según calidad
Metal	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenciaaa al fuego - Resistencia a la rotura - Gran duración (muy influida por la oxidación) - Muy versatil - Facilidad de transporte - Permite bastante separación (5-15 m) - Fácil manejo - Fácil adquisición - Posibilidad de hincado directo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretienimiento elevado (pintura cada 3 años) - Anclaje especial para que escurra todo el agua - Caro, salvo casos de oportunidad

- c). Grapas. Cualquier tipo de grapa que se use, debe ser clavada con las patas sesgadas, para no rajar la madera y un poco inclinadas a que entren de arriba a bajo, para resistir mejor el empuje del alambre, a lado contrario del poste. No se debe clavar a "muerte" (4).
- d). Separadores. Pueden ser de madera, desde simples pa los delgados, hasta listones de carpintería. También pueden ser metálicos como alambre dulce enrollado en los hilos de la almabrada o varillas cortas localizadas entre los hilos y que no van alineados verticalmente (1).
- e). Tensores. Los hay de distintos tipos: de carraca simple o doble (enrollan el alambre durante el tensado) de huesillo a rosca; sistema de pasador (no se encuentran en el mercado) (1).
- f). Retenidas. Es un refuerzo sobre la línea de cerca que permite a ésta terminar o interrumpir la fuerza de arrastre del alambre. El objeto primordial de una retenida es llevar la fuerza de tensión del alambre a un punto fijo e inmovil en la tierra. Hay varios tipos de retenidas. En la mayoría la fuerza del tirón se detiene en el poste ancla, se convierte en fuerza de compresión, ya sea sobre otra diagonal rígido y éste transmite la fuerza a un poste penúltimo (el poste retén) y la rienda lleva la fuerza a la superficie del suelo o bajo tierra (4).

Implantación. La profundidad de los pozos dependerá del terreno. En tierra muy seca o pedregosa 65 cm son suficientes, en terreno movedizo por arena o arcilla húmeda 50 cm, para los postes de la línea y 1 m de profundidad para los de las retenidas. El diámetro del pozo debe ser tal que

sólo exceda en unos 10 cm al diámetro de los postes (4). Por otra parte, la altura de los cables respecto al piso varía según se trate de corrales para animales adultos o jóvenes (18).

En corrales para animales adultos se recomiendan las siguientes especificaciones: altura de los postes 1.50 m, número de cables cuatro a 0.32; 0.64, 0.96 y 1.29 m del piso (18).

En corrales para animales jóvenes se colocan cinco cables a 0.15, 0.35, 0.60, 0.90 y 1.30 m del suelo (3). Se deben incluir pasos para personas estratégicamente ubicados y que comuniquen a los corrales entre sí, el ancho de los pasos de 0.40 m se considera satisfactoria (18).

Puertas. Estas deben ser de construcción robusta, siendo el tubo metálico el material clásico para su construcción. El calibre recomendable es de 1 1/2" de diámetro las anchuras son variables aunque las más usuales están entre 2.15 a 3.25 m. La colocación y diseño del cerrojo debe ser tal que el ganado no pueda abrirlo con la lengua (18).

Dispositivos de contención y sujeción (pescueceras). Los comederos deben contar con agregados, con dispositivos de sujeción o contención con objeto de que los animales se acomoden bien y para evitar que se trepen en los mismos y se salgan de los alojamientos. El diseño de estos dispositivos es variado, algunos sólo logran la contención e indi

vidualización de los animales, mientras que otros pueden sujetar al animal en su lugar.

El tipo de dispositivo más elemental es el cable de acero tensado colocado a cierta altura sobre el muro interior del comedero y sirve exclusivamente como barrera de contención. El cable debe estar siempre bien tensado para evitar que los animales no se salgan de los alojamientos. Una variante de este dispositivo utiliza tubos en vez de cable dándole una mayor solidez y eliminándose la necesidad de mantenimiento.

De los diseños de pescueceras que permiten la individualización del espacio por animal, tenemos los siguientes tipos: inclinadas o diagonales, en "V", fijas y el tipo candado, con sujeción individual o colectiva.

Con el diseño inclinado o diagonal se pretende evitar que los animales tiren el alimento fuera del comedero y hacia el lado interior, ya que el animal no retrocede en forma abrupta, sino que tiene que hacer un movimiento lento para sacar la cabeza entre dos barras diagonales.

Con el diseño tipo candado, se pueden sujetar los animales ya sea para revisarlos, tratarlos u ordeñarlos o simplemente, para evitar que unos desplacen a otros a la hora de comer (18). En cuanto a las especificaciones de cada uno de los diferentes diseños, se remite al lector el plano No. 17.

Zona de ordeño

La zona de ordeño constituye la espina dorsal del establo moderno, la forma un grupo de instalaciones cada una de las cuales tiene una función específica, estas instalaciones son:

- a). Area de espera, también llamada apretadero la cual puede quedar dividida en zona de baño y zona de escurrido.
- b). Sala de ordeño
- c). Cuarto de almacén y refrigeración de leche
- d). Cuarto de máquinas y utilería
- e). Oficina
- f). Sanitario para personal

Area de espera o apretadero. En esta instalación se confinan los animales que van a ser ordeñados, su capacidad debe ser suficiente para albergar a los animales de un corral. Es requisito que el número de animales esté acorde con el número de plazas de la sala de ordeño, debiendo ser múltiplo exacto. Se debe proporcionar un área por animal de 1.50 m^2 mínimo y el piso debe ser antirresbalante (con aditivos tales como carburundum). Para lograr un flujo más eficiente de los animales, es preferible que el diseño sea elongado siempre que esto sea posible.

Sala de ordeño. De acuerdo principalmente al tamaño del hato, la tecnificación de la explotación, el tipo de ganado,

disponibilidad del terreno, planes de expansión, disponibilidad de mano de obra, inversión económica, clima y otros factores menos determinantes, se han desarrollado diferentes tipos de sistemas de ordeño, desde los de gran funcionalidad, hasta los propiamente experimentales. Cada uno de estos sistemas posee características propias y en el plano comparativo, ventajas, desventajas y diferentes eficiencias (16).

A continuación se mencionarán algunas de las principales ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de ordeño:

a). Parada convencional (Figura 6).

Ventajas. Baja inversión para tener sólo un nivel de piso, posibilidad de observar más cuidadosamente al ganado, proveer mayor cantidad de concentrado, construcción económica.

Desventajas. Eficiencia pobre, poca comodidad del operario, expansión limitada, pobre supervisión de la unidad durante el ordeño, aceptación a la automatización pobre.

b). Tandem (Figura 6)

Ventajas. Ordeño en forma individual, posibilidad de observar a la vaca completa lateralmente, lotificación menos estricta.

Desventajas. Expansión limitada, eficiencia media, inversión alta.

c). Espina de pescado (Figura 6)

Ventajas: Expansión poco limitada, eficiencia alta, posibilidad de automatización alta, medianos costos de inversión.

Desventajas: Requiere mejor manejo y lotificación, ordeño colectivo, pobre observación de la vaca durante el ordeño.

d). Trígono

Ventajas: Alta eficiencia, flujo continuo de ganado, fácil supervisión.

Desventajas: Manejo y lotificación estricta, pobre observación de la vaca durante el ordeño, nula posibilidad de expansión.

e). Polígono (Figura 7)

Ventajas: Alta eficiencia, fácil supervisión, medianos costos de instalación.

Desventajas: Requiere manejo y lotificación estricta poca observación de la vaca durante el ordeño, nula posibilidad de expansión.

f). Rotativa

Ventajas: Alta automatización, mano de obra mínima, ordeño individual, alta eficiencia.

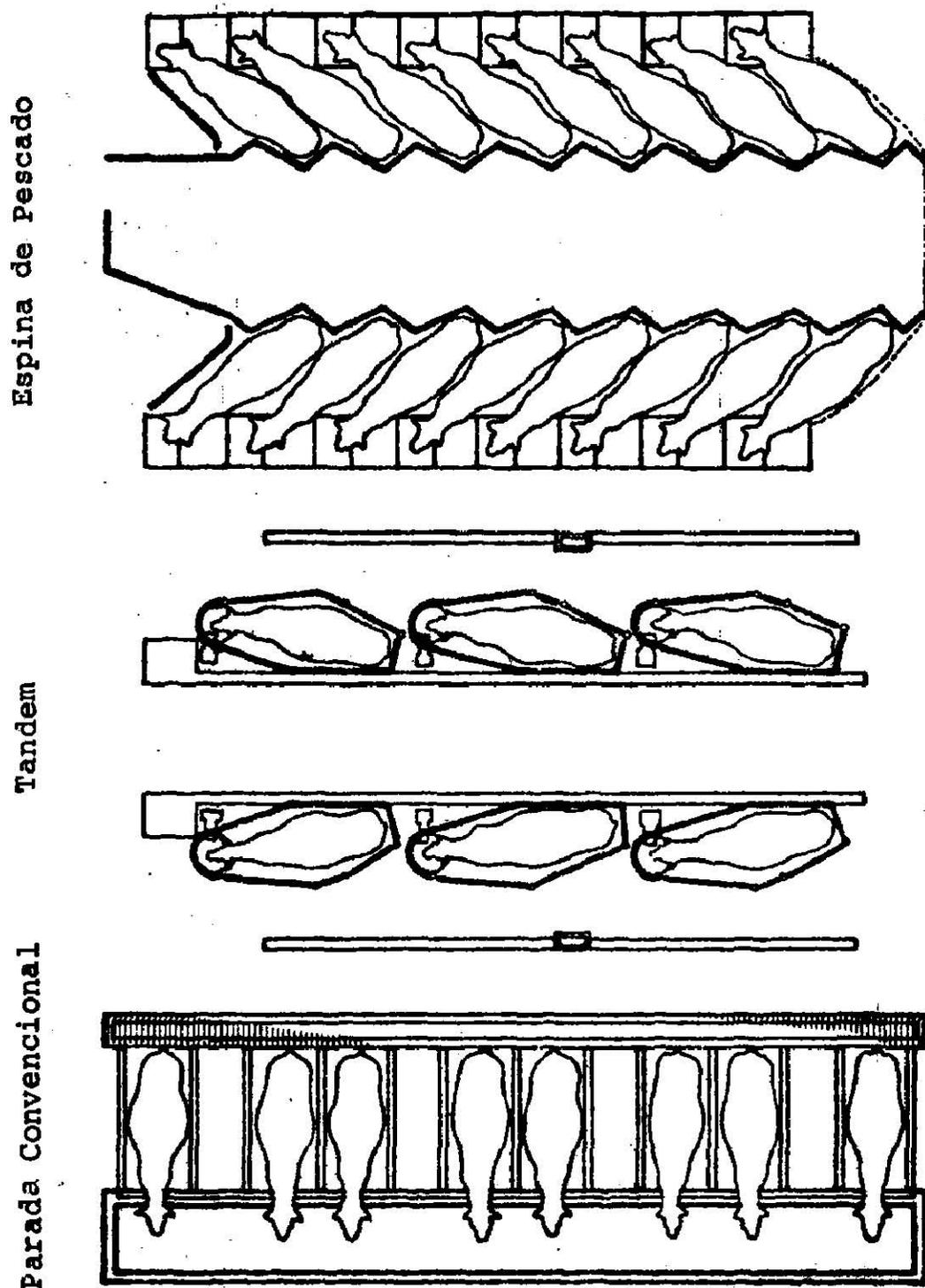


Figura 6. Posición de los animales en los tres modelos básicos de salas.

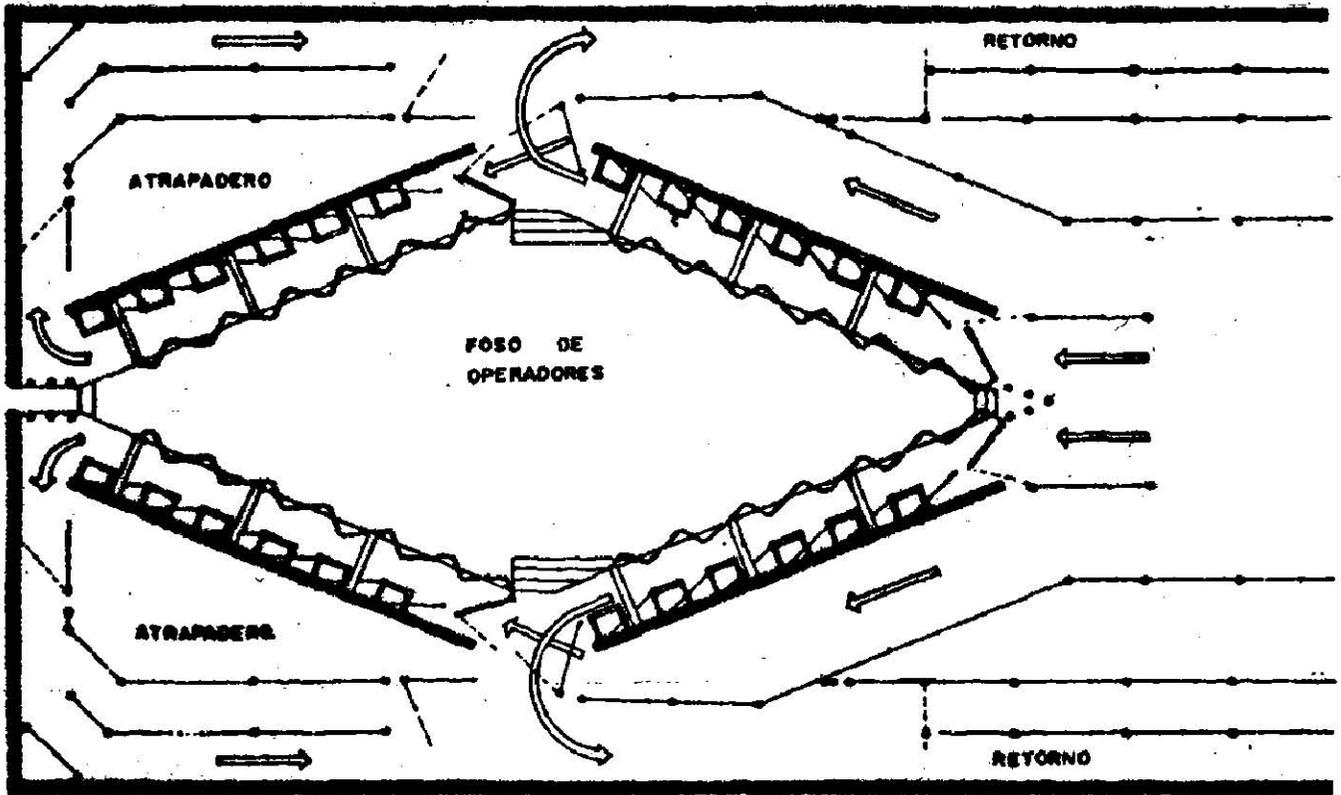


Figura 7. Plano de sala tipo poligonal con dos vías de acceso por fila y dos vías de retorno.

Desventajas: Alto costo de inversión y mantenimiento, expansión nula, posibilidad de no encontrar servicio especializado (11).

En el aspecto de eficiencia se han llevado a cabo diversos estudios. Una guía útil es la presentada en la Tabla II que sin ser 100% exacta, es confiable a las condiciones de operación en nuestro país (5).

Cuarto de almacén y refrigeración de leche. Contiguo a la sala de ordeño, debe ubicarse el cuarto de almacenamiento de leche, donde se instalan los tanques de refrigeración, así como el grupo de recibo y equipo de lavado de las máquinas ordeñadoras.

Las dimensiones del cuarto deben estar acordes con la capacidad de los tanques a instalar, éstos a su vez deberán tener capacidad suficiente para almacenar como mínimo la leche obtenida en dos ordeños y como máximo tendrán capacidad para almacenar la leche de cinco ordeños.

Ciertos requerimientos y especificaciones mínimas deben reunir el cuarto de almacenamiento de leche para su buen funcionamiento:

- 1). Una distancia mínima de 0.70 m debe separar al tanque de las paredes
- 2). Una distancia mínima de 1.0 m debe separar al tanque de cualquier otra instalación o equipo .

Tabla II. Cuadro comparativo entre distintos modelos de salas para el ordeño.

	MODELOS DE SALAS PARA ORDEÑO						
	Parada Convencional	Tándem	Espina de Pescado	Trígono*	Polígono*	Rotativa	
No. de unidades/ordeñador	2-3	2-3	3-4	12-18	8-20	16-20	
Vacas/hora/máquina	7-8	7.5/8	8.5/10	9-10	9-10	8-9	
Comodidad del operador	Baja	Media	Media	Media	Media	Alta	
Trato de la vaca	Colectivo	Individual	Colectivo	Colectivo	Colectivo	Colectivo-individual	
metros construidos/vaca	++	+++	+	+++	++++	++++	
Posibilidades de expansión	Limitada	Limitada	Poco limitada	Nula	Nula	Nula	
Tipo de explotación a recomendar	50 a 192 vacas	120 a 170	120 a 950	680 a 1360	670 a 1240	325 a 490	
Aceptación a la automatización	Pobre	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	
Unidades máximas recomendadas en una sola sala	6	8	24	36	32	12	

(*) Estos sistemas están considerados con puertas, arreadores y desprendedores automáticos.

- 3). Se puede dejar una abertura circular o cuadrada de 15 cm de diámetro o por lado para el paso de la manguera de la pila recolectora, esta abertura debe contar con tapa y debe ubicarse frente al lado de descarga del tanque de refrigeración de leche.
- 4). La pendiente del piso hacia los drenajes debe ser del 2%.
- 5). Se debe contar con contacto trifásico de intemperie de 220 v en el exterior del cuarto de leche para toma de corriente para la bomba de descarga de la pila recolectora.

En las Tablas III y IV se muestran las dimensiones de diferentes tanques de almacén de leche con fines de referencia para el diseño del cuarto en donde se instalan (18).

Tabla III. Dimensiones de tanques de leche modelo cerrado de diferentes capacidades y tipo remoto.

Capacidad (L.)	Largo	Ancho	Alto
1136	1.50	1.28	1.13
1154	2.36	1.28	1.14
1893	2.01	1.54	1.33
2271	2.36	1.54	1.35
2250	1.95	1.79	1.59
3028	2.18	1.78	1.60
3407	2.44	1.79	1.60
4732	2.57	2.02	1.83
5678	3.07	2.02	1.84
7571	4.06	2.02	1.87
9663	3.84	2.27	2.11

Tabla IV. Dimensiones de tanques de leche abiertos de diferentes capacidad y tipo remoto.

Capacidad (L)	Largo	Ancho	Alto
1134	2.33	1.20	0.90
1512	2.33	1.48	0.97
1890	2.72	1.32	0.97
2268	2.72	1.32	1.10

Cuarto de máquinas. En él se instalan las bombas de vacío y las unidades frigoríficas de los tanques tipo remoto, opcionalmente, se pueden instalar calentadores de agua para lavado del equipo aunque es recomendable instalar estos últimos en otra parte de la zona de ordeño. En el área del cuarto de máquinas dependerá de los equipos instalados, así como del espacio necesario para el movimiento del personal y depósito de utilería.

Se debe dejar como mínimo 1 m^2 de espacio para la instalación de cada bomba de vacío o unidad frigorífica. Es esencial que esté bien ventilado lográndose esto mediante la erección de una celosía como sustituto de una pared de tabique (18).

Sanitarios y oficinas. Se deberá contar con un sanitario para el servicio de los empleados y una pequeña oficina de trabajo. Inmediatamente a la oficina es conveniente tener un área de medicamentos y material de consumo, como son detergentes, desinfectantes partes de equipo, etc. (5).

Almacenamiento de alimento

La selección de los tipos de almacén requeridos dependen del tipo de alimento y suplementos a suministrarse, de las cantidades demandadas por períodos de tiempo y por unidad de animal y del tipo de conservación de los alimentos utilizados (ensilado, heno, etc.) (5).

Clasificación de los productos alimenticios. En general a los productos alimenticios se les puede clasificar en una de las siguientes categorías: forrajes, concentrados, suplementos y aditivos.

- 1). Forrajes. Es el material vegetal fresco, seco o ensilado, que se da como alimento al ganado (pastura, heno y silaje). Pastura es un campo donde se cultivan forrajes para que los animales pasten (15). Heno, es la parte aérea de los forrajes que se cosechan durante el período de crecimiento y se preservan mediante decado para alimentar con posterioridad a los animales. Los silajes y henolajes, son forrajes fermentados que se almacenan en condiciones anaeróbicas en silos. El silaje que más se usa es el maíz, seguido por el sorgo (15).
- 2). Los concentrados, son alimentos ricos en extracto no nitrogenado y en principios nutritivos digestibles totales y pobres en fibra cruda (menos del 18%) (15).
- 3). Los suplementos de los alimentos son productos alimenticios que se emplean para mejorar el valor de los alimentos básicos (15).
- 4). El aditivo, es el ingrediente o sustancia que se aña de a una mezcla de alimentos básicos, por lo general

en pequeñas cantidades, para reforzar la mezcla con ciertos principios nutritivos, estimulantes y/o medicamentos (15).

Raciones standar de alimentación. El cálculo preciso de las raciones a suministrar es el primer paso para determinar las capacidades de los diferentes tipos de alma-cén (18). Debido a las variaciones de composición entre los diferentes tipos de alimento, habrá raciones muy con-trastantes, por lo que para fines de diseño se basó en la siguiente información:

- 1). Alimentación en animales de reemplazo. En la Tabla V se presenta un desglose (estimado) de las cantida-des de alimento utilizadas por vaquillas desde el nacimiento hasta que se incorporan al hato produc-tor de leche (dos años de edad). Este esquema está basado en relación a la tasa de crecimiento óptima de la vaquilla y en la alimentación requerida para lograr esta tasa de crecimiento. Se incluye además, los pesos estimados al final de cada período, alcan-zándose a los dos años un peso de 591 kg (antes del parto) (27).
- 2). Alimentación de animales adultos. El consumo promedio al día por vaca es de 10 kg (4.53 kg) de heno, 80 lb (36.3 kg) de ensilaje de maíz y 14 lb (6.35 kg) de mezcla de granos (8).
- 3). Alimentación en toros lecheros maduros en corral. Aliméntese con 1-1.5% de su peso vivo al día de heno (o su equivalente como ensilaje) más concentrado por lo general de 1 a 3 kg (2.2-2.6 lb) por cabeza al día tanto como sea necesario para lograr que tengan la condición física deseada (12).

Tabla V. Cantidad estimada de alimento utilizado en la cría de una vaquilla, desde el nacimiento hasta el primer parto (24 meses).

Período	Alimento	Kg.	Peso final (kg)
Nacimiento-destete (42 días)	Leche o sustituto	168	65
	concentrado	34	
7a-12a semanas (42 días)	Concentrado	70	95
	forraje* (2%P.V.)	70	
21 meses	Concentrado (1.8 kg/día)	990	
550 días	Forraje (2%P.V.*)	2,840	511
21-24 meses (90 días)	Concentrado	270	591
	(3 kg/día)		
	Forraje* (1.3% P.V)	640	

T O T A L E S:

- Leche o sustitutos	168
- Concentrado	1,364
- Forraje	3,550

(*) El forraje utilizado está expresado en base a materia seca.

Un dato útil en la determinación de la capacidad requerida por los almacenes, es el ensilaje posee normalmente entre 25 y 35% de materia seca; aproximadamente se puede utilizar 3 kg de ensilaje para sustituir 1 de heno (3 kg de ensilaje por cada kg de heno) (12).

Selección de almacenes. Depende de la clase de forrajes y suplementos a suministrarse y de las cantidades demandadas por periodos de tiempo y unidad animal.

Los tipos de almacenes conocidos son los siguientes: Para forrajes secos o heniles. Para forrajes suculentos o silos y Para alimentos concentrados.

- 1). Heniles. Consiste en un cobertizo que puede contar con paredes laterales de tabique o ser completamente abierto, dependiendo esto tanto de la preferencia personal, como de las condiciones climáticas imperantes en el lugar. Para climas cálidos áridos y secos espetarios, el henil puede reducirse a un simple techado abierto por sus lados.

Los requerimientos de espacio para heno (85 a 90% de M.S.). Se puede estimar en 5.4 m^3 por tonelada almacenada y considerando las diferentes características del forraje henificado (18).

- 2). Silos. Almacenan forrajes suculentos y se preservan gracias al proceso de fermentación.

Existen dos tipos de silos: horizontales y verticales. Los más comunes en nuestro medio son los horizontales, la razón de su popularidad es su relativo bajo costo, su facilidad de construcción y su adaptabilidad para el manejo mecánico del forraje.

Los silos horizontales tienen dos variantes: el silo de trinchera y el silo tipo bunker. La diferencia entre ambos varía en que el silo de trinchera es excavado y el silo bunker se erige a un nivel del piso, éste es mejor para regiones lluviosas, ya que por no estar excavado, permite mejor drenaje.

El tamaño y capacidad del silo está gobernado por el tamaño del hato, cantidad de silo suministrado, longitud del período de alimentación y de cantidad de forraje cosechado para almacenar.

Los silos de trinchera consisten en una excavación rectangular de tamaño variable con extremo cerrado y otro abierto para permitir el acceso a vehículos. Sus paredes deben ser inclinadas para facilitar la compactación del forraje, siendo su sección transversal en forma de pirámide truncada. La pendiente de las paredes puede ser de 12 hasta 34%. Las paredes deben estar bien compactadas si son naturales o pueden revestirse de piedra u otro material para darles mayor solidez y resistencia a los ácidos del suelo, evitándose la erosión de las mismas. El piso puede estar revestido en caso contrario debe estar bien compactado para evitar lodazales o exceso de humedad, la pendiente del piso debe ser del 5% hacia el extremo cerrado, debe incluirse una canaladura central y dos laterales a lo largo del piso para facilitar la salida de líquidos de escurrimiento. Los bordes deben estar un poco elevados para protección contra escurrimiento en épocas de lluvias.

La profundidad del silo es variable, siendo recomendable que ésta sea de 2.50 a 3 m. El volumen de los silos se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Vol} = \frac{\text{Ancho sup. (A)} + \text{Ancho inf (B)}}{2} + \text{Altura (h)} \times \text{Largo (C)}$$

El peso del ensilado depende de la clase de forraje y del contenido de humedad del mismo, en promedio se requerirán 2.1 m³/ton de forraje almacenado (18).

Los silos tipo bunker se construyen sobre el nivel del piso y consisten básicamente en un espacio limi-

tado por sus paredes paralelas y abierto por sus ex tr e m o s y parte superior, en algunos casos uno de los extremos es cerrado para facilitar la compactación. El piso debe ser compactado o pavimentado proporcionándole una pendiente de 3% hacia el exterior.

Las ventajas del silo tipo bunker son: a) no requiere localizarse en terrenos con buen drenaje, b) no se inundan en tiempo de lluvia, c) se requiere menos trabajo para la preparación del mismo.

La altura de sus paredes se recomienda sean de 2.50 m, aunque pueden llegar hasta los 4 m en caso de si l o s g i g a n t e s. Deben estar inclinados (de 12 a 34%) y deben reforzarse bien con contrafuertes o terraplén para resistir la presión del material ensilado (18).

Los silos verticales poco comunes en nuestro país, son torres cilíndricas hechas por lo general con m a t e r i a l p r e f a b r i c a d o y cuyas paredes deben ser lisas impermeables y reforzadas. La altura del silo no debe ser menor del doble de su diámetro, ni mayor del cuádruple del mismo, la razón de la poca popularidad de estos silos está en su costo y por ser de construcción más complicada, también por su operación se dificulta cuando no se cuenta con equipo p a r a e l m a n e j o d e l f o r r a j e (18).

- 3). Almaceneas para alimentos concentrados. El tipo de almacén dependerá de la forma de presentación de los alimentos, muchos establos adquieren suplementos comerciales envasados (sacos), mientras que otros lo hacen a granel (suelos). En el primer caso una b o d e g a es lo indicado, con el segundo, un silo tipo t o l v a es lo recomendable.

Como regla se recomienda una capacidad de almacenaje

para cubrir las necesidades del hato por una semana (mínimo) con el fin de economizar equipo y construcciones. La mayoría de los concentrados requieren un espacio de $1.5 \text{ m}^3/\text{ton}$ (a granel) si la presentación es en sacos, se requiere $2.2 \text{ m}^3/\text{ton}$ (18).

Datos requeridos para el diseño de los almacenes

- 1). Tiempo de almacenamiento. Los períodos de almacenamiento varían según se trate de alimentos concentrados en cuyo caso suelen ser cortos, o largo tratándose de forrajes, ya sea henificados o ensilados (18). Se considera un período de dos semanas para el almacenamiento de concentrados; por otra parte, el heno se puede almacenar durante tres meses (21). El forraje verde puede mantenerse ensilado durante un tiempo de 152 días (22).
- 2). Peso volúmen. El ensilaje tiene un peso de 600 a 700 kg/m^3 . El heno pesa 130 kg/m^3 en forma de pacas y 90 kg/m^3 en forma a granel (2). Por su parte el concentrado ocupa 1 m^3 cada 500 ó 600 kg (21).
- 3). Altura de almacenamiento. Para el heno se recomienda una altura límite de 4 m (22). El concentrado debe almacenarse con un espesor de 1 m (22). Para la bodega de heno y concentrado se incrementa la superficie un 25% para pasillos (22). En el caso del ensilaje, la profundidad del silo es variable, siendo recomendable que ésta sea de 2.5 a 3 m (18). El ancho mínimo para los silos tipo trinchera es de 4 m y la separación entre silos es de 5 m como mínimo (22).

Zona de alojamiento para animales de reemplazo

- 1). Primera etapa de crecimiento y desarrollo
Durante las primeras semanas de vida del becerro, las posibilidades de contraer enfermedades son grandes y

éstas aumentarán si las condiciones de los alojamientos son pobres. Por ello, al proyectar las instalaciones para alojar a los becerros se deben considerar que los alojamientos se mantengan limpios y secos, con el movimiento de aire y humedad relativa y temperatura ambiente adecuada; también estos alojamientos deben permitir que se realicen eficientemente las diferentes prácticas de manejo. Básicamente hay dos opciones en alojamientos para becerros:

- a). Salas de crianza
- b). Alojamiento para intemperie (5).

Sala de crianza. Esta es una zona de alojamiento que acomodará por un tiempo determinado a un número definido de becerros. Se requiere que esta instalación sea techada y que permita una buena ventilación, evitándose corrientes de aire, así como ser de fácil limpieza.

En estos alojamientos, generalmente cada becerro se acomoda en un alojamiento individual designado becarrera; el grupo de becerrerías puede estar dispuesto en una o dos filas, dependiendo del modelo de la instalación. De haber dos filas, existirá un callejón entre las filas, éste debe tener 1 m de ancho para la circulación del personal. Para limpiar con facilidad la zona, es necesario tener drenaje que desemboque a las coladeras.

A la entrada de la zona de alojamiento, deberá tener ser una fosa de 10 cm de profundidad por 0.50 m², la que contendrá solución desinfectante; toda persona que penetre

a la sala previamente sumergirá sus botas en la fosa con el fin de bañarlas y desinfectarlas (5).

El alojamiento individual o becarrera es una instalación localizada a 0.30 m del suelo, con longitud de 1.50 m por 0.70 m de ancho y 1.20 m de alto. El piso de la becarrera consiste en una rejilla formada por barrotes transversales que descansan sobre un marco. Las paredes laterales pueden ser sólidas o con espacios libres entre las tablas. La cara posterior está cerrada parcialmente, pudiendo desplazar las tablas para permitir introducir o sacar al becerro. Anteriormente, en la parte superior de la becarrera se coloca la botella para leche; en la parte inferior, un portacubetas para administrar agua y alimentos concentrados (5).

Alojamientos para intemperie. Son alojamientos individuales desplazables que comprende un área de descanso y una de alimentación de 1.50 x 1.20 m cada una, estando la primera cubierta con un techo cuya superficie es de 1.20 m². La segunda área tiene anteriormente y a 0.45 m de altura desde el piso, el área de comedero para concentrados con un portacubetas, superiormente se cuelga la botella para administrar leche. Como se indicó con anterioridad, este modelo de alojamiento es desplazable, moviendo la becarrera de lugar diariamente o cada mes, dependiendo de las condiciones climatológicas y tiempo del lugar.

Entre las ventajas que estas instalaciones tienen, se mencionan: permitir la rápida y temprana adaptación del becerro al medio. Al estar la becarrera sobre un buen tapiz vegetal y desplazándose frecuentemente, se le estimulará al consumo del forraje. La inversión es baja y el manejo sencillo (5).

2). Segunda etapa de crecimiento y desarrollo

Después de retirar a los becerros del área de crianza, se pasarán a los alojamientos que acomodarán de 10 a 12 becerros por grupo. Esta etapa comprenderá animales de 2 a 15 meses de edad. El modelo de alojamiento dependerá bastante de las condiciones climatológicas, disponibilidad de terreno, manejo de desechos, etc.

Cuando el modelo es corral no pavimentado, la superficie requerida por animal de 2-6 meses de edad será de 8 m^2 y de 7-15 meses de 16 m^2 ; estos casos se destinará de 1 a 2 m^2 de área de sombreaderos para el primero y segundo grupo, respectivamente. En el área de alimentación se darán 0.50-0.60 m lineales de comedero, cuando el modelo de éste es de canoa o canoa-banqueta.

Si la precipitación pluvial es de 300 mm anuales o mayor, se sugiere el uso de corrales semipavimentados y cubiertos. Se separa el área de ejercicio, circulación y alimentación por un murete de 0.15-0.20 m de altura; estas

tres últimas áreas corresponden al área pavimentada de la zona. En este modelo de alojamiento el espacio destinado por becerro hasta seis meses de edad, es de 5 m^2 y para animales hasta los 15 meses de 7.5 m^2 (5).

3). Tercer etapa de crecimiento y desarrollo.

Esta etapa corresponde a animales de 16-24 meses de edad. En corrales no pavimentados, la superficie destinada por cabeza será de 30 m^2 , pudiendo variar con respecto a las condiciones climáticas, frecuencia de limpieza de corrales y prácticas de alimentación. De ser necesario, contar con sombreaderos, se destinarán entre $2.80-3.0 \text{ m}^2$ de sombra por cabeza. En el área de alimentación, se dispondrán de $0.30-0.75 \text{ m}$ lineales por animal, dependiendo de que el alimento se distribuya a libre acceso o que se dé durante un tiempo definido en el día (5).

Una vez que las becerras han sido destetadas, sus requerimientos cambian radicalmente. Se deben agrupar a las becerras por edades y tamaños para asegurar un mejor manejo y un crecimiento uniforme de las mismas. Un agrupamiento recomendable es el siguiente:

- Grupo 1, becerras de 3-6 meses de edad
- Grupo 2, becerras de 7-10 meses de edad
- Grupo 3, becerras de 11-15 meses de edad
- Grupo 4, vaquillas de 16-24 meses de edad (18).

Los requerimientos de espacio en alojamientos de tipo corral de tierra son los siguientes:

De 4 - 6 meses	5 m ²
De 7 -15 meses	14 m ²
De 16-22 meses	28 m ² (3)

Parideros y enfermería

Cubículos individuales en los que pueden ser aislados los animales al parto, así como los animales con algún problema de salud son indispensables en el establo lechero. Un paridero por cada 25 a 30 vacas de vientre y un cubículo de aislamiento de animales enfermos por cada 50 vacas es lo recomendable.

El diseño de estas instalaciones será de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes en la zona. Así, en los climas cálidos, cubículos techados pero abiertos por todos sus lados pueden ser adecuados. En zonas donde es indispensable proteger a los animales contra vientos o cambios bruscos de temperatura, cubículos semicerrados son los indicados.

El área mínima requerida por paridero es de 11 m², un área menor puede representar un problema cuando hay que auxiliar a un animal en el momento del parto, tratándose de cubículos semicerrados con asoleadero adyacente, el piso debe ser pavimentado con un acabado antirresbalante y con un buen drenaje, proporcionándole una pendiente de 3% hacia

el mismo; un bebedero de pila con flotador deben estar en cada cubículo. La localización de los cubículos debe ser lógica respecto al conjunto de instalaciones, de preferencia deben estar cerca del corral de vacas secas, así como de los alojamientos para becerras (18).

Por otra parte, la enfermería consta de algunas jaulas que se colocan aisladas del establo. El tamaño mínimo es de 3.50 x 4.00 m². La puerta de entrada tendrá un ancho de 1.20 m (21). Su ubicación debe ser en uno de los costados del establo y alejada un mínimo de 10 m de los alojamientos para partos.

Toriles

En los últimos años el uso de la inseminación artificial se ha diseminado ampliamente en las principales cuencas lecheras del país; sin embargo, dista mucho de que se le emplee al 100%, por lo que la mayoría de las explotaciones lecheras prefieren contar con uno o varios sementales ya sea para cubrir eventuales fallas de la inseminación artificial o para utilizar sementales criados en el establo, hijos de padres de buena calidad genética. Los toriles deben ser albergues espaciosos, cómodos y de construcción sólida. De preferencia deben contar con una sección cubierta destinada a descanso y una sección abierta que sirva de asoleadero y área de ejercicio.

Una superficie de 40 a 50 m², se considera adecuada y por lo menos 16 m² deben estar techados. Dependiendo de las condiciones climáticas, podrán estar protegidas por paredes. El piso puede ser de concreto en la zona de ejercicio o asoleadero y de arena en el área de descanso. Los comederos pueden estar ya sea en el área destinada a descanso o en el extremo del asoleadero. El bebedero puede estar contiguo al comedero.

Las cercas del área exterior pueden ser de madera o de tubo, siendo éstos últimos más económicos por ser más durables. Las cercas tubulares deben contar con tubo de 3" de diámetro y empotrados en postes de concreto armado de 1.75 m de altura, espaciados uno del otro a 2.40 m, cuatro tubos a una altura de 0.40, 0.70, 1.00 y 1.30 m son suficientes para este tipo de cerca. Para cercas de madera, los postes (de sección cilíndrica), deberán tener un mínimo de 15 cm de diámetro; la altura del piso al tópe del poste debe ser de 1.65 m, los tablones horizontales (madera de pino) deben tener un mínimo de 15 cm de ancho por 5 cm de espesor y dejando un espacio libre entre dos tablones de 1.8 cm. El área que quede cubierta es preferible que cuente con cerca tubular.

Rampas para el embarque de animales

Deben poseer las siguientes características:

- a). Superficie por vaca: de 1.30 a 1.50 m²
- b). Pendiente: 1:10 ó 12
- c). Piso de concreto acabado escobillado, f'c = 140 kg por cm² con aditivo endurecedor (3).

Sistemas para el manejo del estiércol

Entre los elementos que diariamente se tienen que manejar en el establo, están el estiércol, resto de compuestos químicos empleados durante la práctica del ordeño o del lavado del equipo. Básicamente hay tres sistemas para manejar los desechos de acuerdo a la forma en que se encuentran éstos:

- a). En forma sólida
- b). En forma semisólida
- c). En forma líquida (18).

Sistemas para el manejo de los desechos en forma líquida. Laguna, es el nombre que comúnmente se da al sitio donde los desechos en líquido que provienen de la explotación son estabilizados y/o almacenados. Se requiere que al localizar la laguna se haga por lo menos a 100 m de las casas de los empleados, la orientación de la laguna debe ser de tal manera que los vientos dominantes muevan los olores en direcciones opuesta a las habitaciones, que su posición permita la llegada rápida y eficiente de los desechos y que cuente con la protección necesaria para evitar la penetración de personas ajenas a las actividades relacionadas con

esta práctica de manejo, así como de animales de la explotación o del área de ubicación (18).

Sistemas para el manejo de los desechos en forma sólida. En este se evacúa el estiércol sin necesidad de adicionarles líquidos y se transporta directamente al área de depósito donde permanece hasta su final utilización. En unos casos el estiércol puede ser recolectado por medios manuales (pala y carretilla), en otros utilizando tractor con escrepa o llegar a la mecanización completa de la operación mediante escrepa fija de cadena, la cual es accionada por motores ubicados estratégicamente en los lotes. El estercolero consiste simplemente en un espacio limitado por muros de contención en donde se deposita el mismo (18).

Diferentes modelos para el tratamiento de los desechos sólidos.

- a). Secado al sol y aire. En este caso el estiércol se deposita en capas de 7 cm sobre una superficie con pendiente ligera y bien drenada. El estiércol ya extendido se voltea una o dos veces al día, exponiendo la parte húmeda al sol. Ya seco el material se procede a compactarlo y se le adiciona otra capa de estiércol, repitiéndose las actividades antes mencionadas. El material tratado se almacena en montículos de 45 cm a 1 m de altura. Este sistema requiere aproximadamente 0.39 m^3 por día, considerándose que el

estiércol se esparce en capas de 7.5 cm y que el es
pacio se reutiliza cada siete días (5).

b). Método Terex-Cobey. Consiste en depositar estiércol fresco, haciendo líneas de 2.70 m de ancho por 1.20 m de alto y con separación suficiente entre líneas para facilitar el manejo del estiércol e identificar la etapa del tratamiento. Una vez depositado el mate
rial se procede a voltearlo diariamente por tres días, después se hará cada tercer días hasta que el producto alcanza un 30-35% de humedad, pH alcalino y temperatura de 40°C, condiciones deseables para ser aplicado al terreno a cultivar (5).

c). Separación de sólidos y líquidos. El sistema compren
de el transporte del estiércol (por desplazamiento de agua) a un sitio de colección donde llega el agua y otros elementos que provienen de las zonas de ordeño y alojamiento. El propósito de este método es la separación por vibración de fibra lavada, sólidos so
lubles y agua. Los dos últimos elementos pueden ser irrigados en los terrenos para cultivo y el primero se puede emplear en la fabricación de materiales para la construcción de camas para el ganado o como ma
teria prima en la alimentación de éste; el separador está formado por mallas de diferentes gruesos (5).

Los sistemas de colección de estiércol, su almacena

miento, transporte, tratamiento y destino, deben estar acordes con los tipos de alojamiento y explotación utilizados. En alojamientos tipo corral de tierra, los cuales imperan en climas áridos, los requerimientos para el manejo del estiércol son reducidos en virtud de que este es diseminado en un área amplia y por la acción del sol se deshidrata rápidamente, formándose poco a poco una capa de estiércol que funciona bien como cama absorbente de humedad, requiriéndose sólo la nivelación y evacuación del exceso acumulado (18). En el área de alimentación y circulación del ganado, la frecuencia de retirada es diaria, en tanto que en el área de descanso será mensual (5).

Separo de inspección

Conviene disponer de un medio para separar del rebaño las vacas que requieran atención veterinaria o que se destinan a la inseminación artificial. El lugar más conveniente para ello, se halla situado a la salida de la sala de ordeño. En cuanto a sus dimensiones depende del número de cabezas con que cuente el rebaño (28).

Iluminación de edificios agrícolas

Iluminación artificial

Las condiciones de las lámparas (pantallas, polvo acumulado, altura de colocación) y del local (dimensiones,

color de las paredes, etc.) hacen que la luz recibida sea menor que la emitida por las lámparas de acuerdo con la fórmula:

Luz recibida = Luz emitida x factor de transmisión

Medida. Luz emitida y recibida se mide en lúmenes.

Factor de transmisión. El factor de transmisión (k) es el producto del coeficiente de uso (Cu) y del coeficiente de conservación (CC):

$$K = CU \times CC$$

Índice del local. El índice del local (IL) permite encontrar en la Tabla VI el valor del coeficiente de utilización (CU). El índice del local se calcula de la siguiente manera:

$$IL = \frac{\text{Longitud} \cdot \text{Anchura}}{\text{Altura de la lámpara (Long + Anchura)}}$$

La altura de la lámpara se mide desde el suelo o desde la zona de trabajo a iluminar.

Coeficiente de conservación. El polvo que se acumula en las lámparas y pantallas ocasiona pérdidas de luz. Según el local, por el trabajo que en él se haga, tenga más o menos polvo y según la frecuencia de limpieza de las lámparas, pantallas o difusores se calcula el coeficiente de conservación de acuerdo con la Tabla VII.

Tabla VI. Valores de (CU) en función del índice del local

Tipo	Lámparas y Pantallas	Valor de IL	Sup del local		
			Claros	Medias	Oscuras
A	Pantallas metálicas normales en lámparas de incandescencia y fluorescentes.	1	0.45	0.40	0.37
		2	0.59	0.55	0.51
		3	0.65	0.61	0.58
		4	0.70	0.65	0.61
B	Pantallas metálicas brillantes en lámparas incandescentes y fluorescentes.	1	0.49	0.45	0.42
		2	0.62	0.58	0.54
		3	0.58	0.63	0.59
		4	0.68	0.65	0.61
C	Pantalla de plástico y lámparas fluorescentes	1	0.43	0.38	0.35
		2	0.56	0.51	0.47
		3	0.63	0.58	0.53
		4	0.60	0.61	0.56
D	Lámpara fluorescente con difusor de plástico	1	0.35	0.30	0.26
		2	0.47	0.41	0.25
		3	0.54	0.47	0.41
		4	0.57	0.50	0.43
E	Lámparas fluorescentes sin pantalla ni difusor	1	0.37	0.31	0.26
		2	0.52	0.45	0.38
		3	0.61	0.53	0.46
		4	0.66	0.57	0.49
F	Lámparas de incandescencia con difusor	1	0.32	0.27	0.23
		2	0.42	0.37	0.32
		3	0.49	0.42	0.37
		4	0.51	0.45	0.39

Necesidades. La Tabla VIII indica las necesidades, en cada caso según las normas inglesas.

Unidad de medida. La unidad de medida es el lux, equivalente a un lumen por metro cuadrado.

Suministro. La Tabla IX indica los lúmenes suministrados por lámpara de incandescencia y fluorescentes, sin contar pérdidas.

Pérdidas. La fórmula: Luz recibida - Luz emitida x factor de transmisión (K), permite calcular la luz recibida con una instalación determinada o la instalación necesaria para recibir determinadas cantidades de luz.

Altura de lámparas. Las lámparas fluorescentes y las incandescentes de 100 wátios o menos pueden colocarse a cualquier altura compatible con las necesidades de espacio y movimiento. Para lámparas incandescentes de más de 100 wátios, se recomiendan las alturas de la Tabla X. Distancia entre lámparas: la mínima es de $1.5 \times H$, siendo H la altura sobre el suelo o sobre la zona de trabajo si ésta última no está a nivel del suelo (17).

Iluminación natural

El alumbrado natural se hace por medio de ventanas abiertas en el muro y provistas de un portillo de ventilación. La superficie de las ventanas tiene que ser igual a $1/15$ de la superficie del suelo (24).

Tabla VII. Coeficiente de conservación.

Condiciones del local	Limpieza Frecuente 1-2 meses	Limpieza Normal, 4-8 meses	Escasa Limpieza 12 meses
Limpio	0.9	0.8	0.7
Normal	0.8	0.7	0.6
Sucio	0.7	0.6	0.5

Tabla VIII. Necesidades de iluminación

L u g a r e s	L u x	L u g a r e s	L u x
Graneros y almace- nes,	50	Almacén de abonos	50
Preparación de pien- sos	150-200	Almacén de maquina- ria	50
Establos		Estabulación libre	50
Pasillo de limpieza	150-200	Salas de ordeño	150-200
Pasillo de aliment.	20	Gallineros (gral)	50
Lechería (gral)	150-200	Gallineros (horas extras)	20
Lechería (caldera)	50	Cochiqueras (gral)	50
Secaderos (gral)	50	Cochiqueras (celdas de parto)	100
Secaderos (zonas de control)	150-200	Cobertizos	20

Tabla IX. Suministro de luz.

Incandescencia	Lumen	Fluorescentes	Lumen
15 wáticos transparente	125	15 wáticos	680
25 " mate	200	20 "	1,050
25 " transparente	225	30 "	1,750
40 " mate	325	40 "	2,700
40 " transparente	430	65 "	4,400
60 " mate	575	80 "	4,850
60 " transparente	810	125 "	8,300
100 " mate	1,100	200 "	10,000-12,000
100 " transparente	1,600		
200 " "	3,260		
500 " "	9,250		
1000 " "	17,300		

Tabla X. Alturas mínimas recomendadas para algunas lámparas de tipo incandescente.

Wattios	Altura m.	Wattios	Altura m.
150	2.7	500	4.2
200	3.2	700	5.1
300	3.6	1,000	6.0

Indices de productividad

El diseño de las instalaciones en un establo y el manejo de un hato están determinados en gran parte por la estructura que el mismo tenga. Esta estructura será dada por índices de productividad, tales como: intervalo entre partos, índices de fertilidad, meses de lactación y meses de secado, etc. (5).

Estructura del hato. La meta de todo ganadero debe ser el tener en producción a la mayor parte de su hato durante todo el año, pudiendo lograrse esto con un buen programa de manejo en reproducción, de tal modo que en cualquier época del año esté en lactación del 82-85% del hato y del 15-18% esté en período seco (18).

Vida productiva de la vaca lechera. Las vacas causan baja en el rebaño por lo general cuando cuentan con 5-6 años de edad. Cuando las hembras paren corrientemente por primera vez a los 2 años. En realidad son sólo 3-4 años los que constituyen su vida económica. Cada temporada por añadidura, el 20-25% de los animales de más de 2 años se eliminan del rebaño por su escasa producción, esterilidad, mastitis, enfermedades o accidentes (10).

Infertilidad en vacas adultas y muerte embrionaria temprana. Los porcentajes varían de 5-15% y de 15-20% respectivamente, el efecto combinado de los índices anteriores tienen

un valor de 35%, nacimientos de animales muertos o anormales se maneja como 8% del total de nacimientos (16).

Influencia del nacimiento de machos. Dado que en promedio tan sólo la mitad de los nacimientos son hembras, debe haber un número relativamente grande de nacimientos cada año para poder disponer dos años más tarde, de novillas para reposiciones (29).

Mortalidad durante el desarrollo. Se menciona un 10% de mortalidad entre nacimiento y los 6 meses de edad. Para el período comprendido entre los 6 meses y el parto, le corresponde un valor de 2% (16).

Infertilidad de las vaquillas primerizas. Menciona un 6% para vaquillas que no son aptas a parir (16).

Mortalidad durante el parto. Se maneja un 4% de pérdidas en el parto (16).

Elementos de concreto reforzado

Viga

Una viga puede definirse como un miembro estructural que descansa sobre apoyos situados generalmente en sus extremos y que soporta cargas transversales. Las cargas que actúan sobre la viga, así como el peso propio, tienden a flexionarla más que a alargarla o acortarla (26). En la Tabla XI se ven los pesos específicos de algunos materiales para la estimación

Tabla XI. Peso de los materiales

M a t e r i a l	kg/m ³
Morteros:	
Cemento y arena	2000
Cal y arena	1500
Yeso	1400
Mampostería:	
Ladrillo de barro recocido, prensado	1800
El mismo hecho a mano	1500
Ladrillo de barro recocido, huevo, prensado	900
El mismo hecho a mano	1200
Ladrillo macizo de cemento y arena. Según su proporción y tipo de arena puede variar de	760
a	1800
Bloques de concreto hueco	1200
Azulejo o loseta	1800
Mosaico	2000
Chiluca	2300
Basalto	2200
Recinto	1900
Arenisca	1800
Piedra braza	1800
Tezontle	1250
Tepetate	1100
Tierra, arenas y gravas:	
Tierra suelta, seca	1200
Tierra suelta, húmeda	1300
Tierra comprimida, seca	1400
Tierra comprimida, húmeda	1600
Tierra o grava, suelta y seca	1600
Arena o grava, comprimida y seca	1650
Arena o grava, mojada	1700
Arena de tepetate	800
Ripio de tezontle	750
Maderas:	
Pino	600
Oyamel	600
Encino	950
Hierro:	
Hierro vaciado	7800
Acero laminado	7800
Concretos:	
Simple	2200
Armado	2400
Vidrio:	
Vidrio plano	2550
Tabique de vidrio para muris	1800

de la carga actuante (13). El diseño de la viga consiste en determinar las dimensiones de su sección transversal y su refuerzo, de acuerdo con la información suministrada, esta información la componen datos sobre cargas y claros, esfuerzos unitarios permisibles en el concreto y el acero, tipo de concreto ($f'c$), así como el módulo de elasticidad de éste (n) aunado a sus respectivos coeficientes (Tabla XII).

Debemos conocer también las condiciones de apoyo de la viga, es decir, si es completamente continua, semicontinua o libremente apoyada. La carga aplicada puede determinarse mediante la carga viva y el área de piso, muros, columnas o vigas de menor tamaño que debe soportar la viga en cuestión, la carga viva depende del tipo de aplicación del edificio.

Debe tenerse muy presente que una viga o una losa no puede diseñarse sin considerar adecuadamente su peso propio. El procedimiento acostumbrado es estimar el tamaño probable del elemento y calcular su peso de acuerdo con éste, el peso del concreto reforzado se toma generalmente como $2,400 \text{ kg/m}^3$. Una vez que se han calculado las dimensiones de la viga, como resultado de la carga viva y la carga muerta supuesta, se revisan de acuerdo con el tamaño estimado para asegurarse de que su peso se tomó en cuenta adecuadamente. Para la determinación de las dimensiones de la sección transversal se acostumbra suponer primero el ancho de la viga y calcular después el peralte, de acuerdo con aquel, por razones de economía el

Tabla XII. Coeficientes para fórmulas de vigas de sección rectangular.

$n = 10 (f'_c = 175 \text{ kg/cm}^3)$					
f_s	f_c	p	k	j	R
1,265	79	0.0121	0.387	0.871	13.36
1,400	79	0.0102	0.362	0.879	12.59
1,690	79	0.0075	0.321	0.893	11.32
$n = 9 (f'_c = 210 \text{ kg/cm}^3)$					
f_s	f_c	p	k	j	R
1,265	95	0.0153	0.408	0.864	16.73
2,400	95	0.0130	0.385	0.872	15.94
1,690	95	0.0096	0.341	0.886	14.34
$n = 8 (f'_c = 280 \text{ kg/cm}^3)$					
f_s	f_c	p	k	j	R
1,265	126	0.0222	0.444	0.852	23.98
1,400	126	0.0188	0.419	0.860	22.78
1,690	126	0.0141	0.375	0.875	20.74
$n = 7 (f'_c = 350 \text{ kg/cm}^3)$					
f_s	f_c	p	k	j	R
1,265	158	0.0294	0.470	0.843	31.36
1,400	158	0.0250	0.444	0.852	29.95
1,690	158	0.0187	0.400	0.867	27.42

Tabla XIII. Esfuerzos permisibles en el refuerzo.

A menos de que se indique lo contrario en el reglamento ACI, el acero de refuerzo para concreto no deberá esforzarse por encima de los siguientes límites:

(a) En tensión

Para varilla de refuerzo de grado estructural de acero de lingote o de acero de eje.	1,265 kg/cm ³
Para varillas de refuerzo principal, del #3 o menores en losas en una dirección de claros no mayores de 3.60 m, 50% de la resistencia mínima de cedencia especificada por la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales (ASTM) para el refuerzo utilizado, pero sin exceder de:	2,100 kg/cm ³
Para varillas corrugadas con una resistencia de cedencia de 4,200 kg/cm ³ o mayor y en tamaños del #11 y menores	1,590 kg/cm ³
Para cualquier otro refuerzo	1,400 kg/cm ³

(b) En compresión, refuerzo vertical de columnas

Columnas con refuerzo helicoidal, 40% de la resistencia mínima de cedencia, pero sin exceder de:	2,100 kg/cm ³
Columnas de estribos, 85% del valor permitido para columnas con refuerzo helicoidal, pero sin exceder de:	1,800 kg/cm ³
Columnas compuestas y combinadas:	
- Secciones de acero estructural	
Para acero ASTM A36	1,265 kg/cm ³
Para acero ASTM A7	1,100 kg/cm ³
Secciones de hierro fundido	700 kg/cm ³

Tubo de acero.....véanse las limitaciones de la sección 1406

(c) En compresión, miembros o flexión

Véase la sección 1102 para el refuerzo de compresión en miembros sujetos a flexión.

(d) Hélices

Barras laminadas en caliente, grado intermedio	2,810 kg/cm ³
Barras laminadas en caliente, grado duro	3,510 kg/cm ³
Barras laminadas en caliente, grado ASTM A432 y alambre estirado en frío	4,220 kg/cm ³

ancho de vigas rectangulares debe ser de la mitad a tres cuartas partes del peralte de una viga no debe exceder nunca de 50 veces el menor ancho del patín o cara de compresión (26).

Pasos para el diseño de vigas rectangulares. En el diseño de una viga rectangular de concreto reforzado puede seguirse la siguiente secuencia:

Primer paso, cargas. Determinése la carga o cargas que debe soportar la viga. Al calcular el peso aproximado de la viga, se supone b y se estima el peralte total suponiendo 8.2 cm de peralte por cada metro de claro libre; el peso del concreto de agregado pétreo se estima en $2,400 \text{ kg/m}^3$.

Segundo paso, cortante máximo. Calcúlese la magnitud de las reacciones R_1 , R_2 y V , el cortante vertical máximo. Si la carga tiene carga simétrica, las dos reacciones son de igual magnitud (en vigas simples) y cada una es igual a la mitad de la suma de las cargas; si una viga simple tiene carga asimétrica, las reacciones R_1 y R_2 se calculan por medio del principio de momentos y la magnitud de V , el cortante vertical máximo, es igual a la reacción más grande.

Tercer paso, momento flexionante máximo. Calcúlese M , el momento flexionante máximo, en kg/cm ; en general, los momentos flexionantes máximos son $M = \frac{Wl}{12}$ para claros interiores de vigas continuas (llamadas en ocasiones vigas totalmente continuas), $M = \frac{Wl}{10}$ para claros extremos de vigas conti-

nuas (vigas semicontinuas) y $M = \frac{Wl}{8}$ para vigas simples.

Cuarto paso, peralte de la viga. Calcúlese d , el peralte efectivo en cm, utilizando la fórmula:

$$d = \frac{M}{Rb}$$

donde:

d = peralte efectivo de la viga, en cm

M = momento flexionante máximo, en kg/cm

R = coeficiente correspondiente a los esfuerzos unitarios permisibles y a n , según se indica en la Tabla XII.

b = ancho de la viga en cm, dimensión supuesta en el primer paso.

Quinto paso, área del refuerzo por tensión. Calcúlese el área del refuerzo principal por tensión, mediante la fórmula:

$$A_s = \frac{M}{f_s j d}$$

o bien por $A_s = p b d$

donde:

A_s = área transversal del refuerzo principal de tensión en cm^2

f_s = esfuerzo unitario permisible de tensión para las varillas de refuerzo longitudinal, en kg/cm^2 (Tabla XIII).

j y p = coeficientes correspondientes a los esfuerzos permisibles y a n , según se indica en la Tabla XI.

M , b y d tienen el mismo significado descrito en el 4to. paso.

Si se utiliza d según se encontró en el 4to. paso, pueden usarse las fórmulas anteriores, cualquiera de ellas dará el mismo resultado; si d se aumenta para tener una dimensión expresada en un número cerrado de centímetros, debe usarse la primera para aprovechar la ventaja del aumento de peralte. Las áreas y perímetros de algunas varillas (redondas) se ven en la Tabla XIV, de donde se puede seleccionar el tipo y cantidad de varilla a utilizar como refuerzo principal; por otra parte, la Tabla XV se presenta como una guía para la selección de vigas, de ancho adecuado para alojar una determinada cantidad de varillas se refuerzo.

Sexto paso. Esfuerzo cortante unitario calcúlese por medio de la fórmula:

$$u = V/bd$$

donde:

u = esfuerzo cortante unitario en kg/cm^2

V = cortante máximo, considerando como el existente a una distancia d de la cara del apoyo, en kg .

b y d = según se describieron en el 4to. paso.

Si el valor de u es mayor que u_c , (el esfuerzo unitario permisible para concreto de $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$, u_c se limita a $4.2 \text{ kg}/\text{cm}^2$; Tabla XVI) se debe realizar nuevamente el cálculo.

Séptimo paso. Espacio en el cual se requieren estribos. Si es necesario colocar refuerzo en el alma, según se determinó en el sexto paso, obténgase la distancia en la cual

Tabla XIV. Areas y perímetros de varillas redondas

Designación varilla	plg	Diámetro cm		Número de varillas			
				1	2	3	4
#2	1/4	0.64	Area	0.32	0.64	0.96	1.28
			Perímetro	2.00	4.00	6.00	8.00
#3	3/8	0.95	Area	0.71	1.42	2.13	2.83
			Perímetro	3.00	6.00	9.00	12.00
#4	1/2	1.27	Area	1.27	2.53	3.80	5.07
			Perímetro	4.00	8.00	12.00	16.00
#5	6/8	1.59	Area	1.99	3.97	5.96	7.94
			Perímetro	5.00	10.00	15.00	20.00
#6	3/4	1.91	Area	2.87	5.73	8.60	11.46
			Perímetro	6.00	12.00	18.00	24.00
#7	7/8	2.22	Area	3.87	7.74	11.61	15.48
			Perímetro	7.00	14.00	21.00	28.00
#8	1	2.54	Area	5.07	10.13	15.20	20.27
			Perímetro	8.60	16.00	24.00	32.00
#9	1.128	2.86	Area	6.42	12.85	19.27	25.70
			Perímetro	9.00	18.00	27.00	36.00
#10	1.270	3.18	Area	7.94	15.88	23.83	31.77
			Perímetro	10.00	20.00	30.00	40.00
#11	1.410	3.49	Area	9.57	19.13	28.70	38.26
			Perímetro	11.00	22.00	33.00	44.00

Tabla XV. Número de varillas en vigas de distintos anchos.

Ancho	Cantidad de Varillas
15 cm	2 - # 5
20 cm	2 - #11 3 - #6
25 cm	2 - #11 3 - #9 4 - #6
30 cm	3 - #11 4 - #9 5 - #6 6 - #4
35 cm	4 - #11 5 - #9 6 - #7 7 - #4

Tabla XVI. Esfuerzos permisibles en el concreto.

Descripción	Esfuerzos permisibles					
	Para cualquier resistencia del	Para las resistencias del concreto mostradas a continuación				
		f'_c m 175 kg/cm ³	f'_c 210 kg/cm ³	f'_c 280 kg/cm ³	f'_c 350 kg/cm ³	
Relación de módulos de elasticidad: n	$\frac{2\ 039\ 000}{(0.15)w^1 (f'_c)^{1/2}}$					
Para concreto con peso de 2,300 kg/cm ³	n	10	9	8	7	
Flexión: f'_c Esfuerzo de compresión en la fibra extrema	fc	$0.45 (f'_c)^{1/2}$	79	95	126	158
Esfuerzo de tensión en la fibra extrema para zapatas y muros de concreto simple	fc	$0.42 (f'_c)^{1/2}$	5.6	6.2	7.1	7.9
Cortante: v (como medida de la tensión diagonal a una distancia d de la cara del apoyo) Vigas sin refuerzo en el alma	vc	$0.29 (f'_c)^{1/2}$	3.9	4.2	4.9	5.5
Nervaduras sin refuerzo en el alma	vc	$0.32 (f'_c)^{1/2}$	4.2	4.6	5.3	6.0
Miembros con refuerzo en el alma inclinado o vertical o combinaciones adecuadas de varillas dobladas y estribos verticales	p	$1.32 (f'_c)^{1/2}$	17.6	19.3	22.2	24.9
Losas y zapatas (cortantes permitral)	vc	$0.53 (f'_c)^{1/2}$	7.0	7.7	8.8	9.9
Esfuerzos directos: f_e Sobre el área total		$0.25 (f'_c)^{1/2}$	44	53	70	88
Sobre la tercera parte del área o menos		$0.375 (f'_c)^{1/2}$	88	79	105	132

se requieren estribos, si la carga está uniformemente distribuida sobre la viga y las reacciones son iguales, calcúlese "a" en la fórmula:

$$a = (L/2 - d) (u'/u)$$

donde:

a = distancia que forma parte de la cantidad (d+a+d) o sea, la longitud de la viga en la que se requiere refuerzo (estribos) para cargas uniformemente distribuidas.

L = claro de la viga, en cm

d = peralte efectivo de la viga

$u' = u - u_c$, en donde u es el esfuerzo cortante unitario permisible para el concreto.

u = exceso de cortante que debe resistirse por medio de estribos, en kg/cm^2 .

Octavo paso. Espaciamiento entre estribos. Si se requiere esfuerzo en el alma según se determinó en el sexto paso, calcúlese "s" mediante la fórmula:

$$s = \frac{Au fu}{u'b}$$

donde:

s = espaciamiento entre estribos, en cm

Au = área transversal total de las ramas de un estribo, en cm^2

fu = esfuerzo unitario de tensión permisible en el refuerzo del alma, en kg/cm^2 , este valor es de las especificaciones del reglamento de la construcción. (Tabla XII).

$u' = u - u_c$ según se definió en el 7to. paso, en kg/cm^2

b = ancho de la viga, en cm.

El primer estribo se coloca por lo general a una distancia $s/2$ del apoyo; independientemente del valor de "s" determinado, el espaciamiento máximo entre estribos es o bien s/d ó $Au/0.0015 \times b$, cualquiera que sea el menor.

Noveno paso. Esfuerzos por adherencia. Determínese los esfuerzos de adherencia por medio de la fórmula:

$$u'' = \frac{V}{o j d}$$

donde:

- u'' = esfuerzo unitario de adherencia, en kg/cm^2
- V = cortante vertical máximo, en kg
- o = suma de perímetros de todas las varillas del refuerzo longitudinal de tensión en la sección estudiada, en cm (Tabla XIII).
- j = coeficiente correspondiente a los esfuerzos unitarios permisibles (Tabla XI).
- d = peralte efectivo de la viga, en cm.

Si u'' es mayor que los esfuerzos permisibles por adherencia (Tabla XVII), de aumentarse el peralte de la viga o bien, debe usarse una mayor cantidad de varilla más pequeña para aumentar el valor de "o".

Décimo paso. Doblecés, traslapés y ganchos. Si se utilizan varillas dobladas, designese la posición de los doblecés del refuerzo principal de tensión, la longitud de los traslapés, los ganchos, el esfuerzo del alma, los cortes, etc., es conveniente hacer un diagrama de toda esa información (26).

Tabla XVII. Esfuerzos permisibles de adherencia (tensión)

Varilla No.	Varillas del lecho superior $u = \frac{2.3}{D} fc'$ (no debe exceder 25 kg/cm ³)				Varillas que no sean del lecho superior $u = \frac{3.2}{D} fc'$ (no debe exceder 35 kg/cm ³)			
	fc' kg/cm ³				fc' kg/cm ³			
	175	210	280	350	175	210	280	350
2*	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
3	24.6	24.6	24.6	24.6	35.2	35.2	35.2	35.2
4	23.9	24.6	24.6	24.6	33.7	35.2	35.2	35.2
5	19.1	21.0	24.2	24.5	27.0	29.6	34.2	35.2
6	16.0	17.4	20.2	22.6	22.5	24.7	28.5	31.8
7	13.6	15.0	17.3	19.3	19.3	21.1	24.4	27.3
8	12.0	13.1	15.1	16.9	16.9	18.5	21.4	23.8
9	10.6	11.6	13.4	15.0	15.0	16.4	18.9	21.2
10	9.4	10.3	11.9	13.3	13.3	14.6	16.8	18.9
11	8.5	9.3	10.8	12.0	12.0	13.1	15.1	16.9

(*) Todas las varillas son corrugadas, con excepción de la #2 que es lisa.

Sistemas de piso de concreto reforzado

Existen en general cuatro tipos de sistemas de piso de concreto reforzado:

- 1). Sistema de losas macizas con vigas en una dirección
- 2). Sistema de losas macizas con vigas en dos direcciones
- 3). Pisos de losas nervadas, llamados en ocasiones pisos nervados
- 4). Losas planas o pisos sin trabes, macizos o nervados.

Cada uno de los sistemas mencionados tienen sus propias ventajas distintivas, dependiendo de la distancia entre la columna de la magnitud de las cargas que deben soportarse de las longitudes de los claros y del costo de la construcción. El tipo de piso de concreto reforzado más comúnmente usado es probablemente el que consiste de una losa maciza apoyada sobre dos vigas paralelas, las cuales descansan sobre trabes y éstas a su vez sobre columnas; el refuerzo de la losa va en una sola dirección, de viga a viga, por lo que estas losas se conocen como losas en una dirección, o losas macizas en una dirección; su espesor es uniforme y no tienen material de relleno.

En el diseño de un piso deben tomarse en consideración tanto las cargas vivas como las cargas muertas; las primeras están controladas por el tipo de utilización del edificio y por los reglamentos de construcción. Las cargas vivas se producen por lo general al ocupar los usuarios la estructura, o al colocar muebles, equipo o almacenar materiales;

en ocasiones también se deben a cancelos móviles. En los techos, la carga viva la ocasionan las cargas de nieve y de viento. En el diseño de una losa de piso debe agregarse a la carga viva el peso real de los materiales de construcción (carga muerta) para obtener lo que en ocasiones se llama la carga de diseño. El espesor real de la losa estructural debe estimarse para tomar en cuenta su peso. El procedimiento usual es suponer primeramente un espesor; sumando después todos los pesos de los materiales del piso e incluyendo el peso supuesto de la losa y la carga viva, se obtiene la carga de diseño y se calcula la losa de acuerdo con éstas. Una vez obtenido el peralte según el cálculo, se compara con el peralte supuesto originalmente y si este último es menor que el calculado, debe suponerse un espesor mayor y se repite el proceso.

Para el diseño de la losa se toma en consideración una franja de un metro de ancho, este diseño no es más que el de una viga rectangular de un metro de ancho, la cual soporta una carga uniformemente repartida, ya que la losa es de hecho una viga muy ancha, de poco peralte. El peralte efectivo y el acero de refuerzo por tensión se calculan para la faja considerada y se toma el mismo espaciamiento de varillas para todo el ancho de la losa; además del refuerzo de tensión, se colocan varillas en el sentido paralelo a las vigas, las cuales se conocen como varillas o refuerzo de temperatura. Su tamaño y separación dependen del espesor de la

losa y su función es absorber el efecto de las contracciones y los cambios de temperatura. En ningún caso debe colocarse dichas varillas a una separación mayor de cinco veces el espesor de la losa, ni a más de 45 cm. En las losas no es práctico colocar refuerzos en el alma para tomar el cortante, por lo que el esfuerzo cortante unitario u , debe mantenerse siempre por debajo de u_c . El espaciamiento mínimo del refuerzo principal de tensión es losas de piso y de techo es igual a tres veces su espesor, pero no más de 45 cm (26).

Pasos de diseño para losas macizas en una dirección

En el diseño de una losa del tipo mencionado, pueden utilizarse los pasos de diseño indicados para vigas rectangulares; sin embargo, en el alma de las losas nunca se utiliza refuerzo (7° y 8° pasos). Como ya se explicó anteriormente, antes de proceder con los cálculos debe suponerse un peralte para la losa obteniendo así la carga muerta debida a su peso propio. En general, el peralte depende de la longitud del claro y de la magnitud de la carga aplicada, pero una regla aproximada para estimarlo es tomar alrededor de 3 cm de peralte por cada metro de claro, con un mínimo de 8 cm. Muy a menudo es conveniente considerar la longitud del claro como la distancia entre centros de vigas, lo cual da como resultado un diseño conservador, con margen del lado de la seguridad.

En algunos reglamentos de construcción se especifican

como espesores mínimos para losas macizas usadas con vigas y trabjes, 9 cm para las losas de piso y 7.5 cm para las losas de techo (22). Otra forma para determinar el peralte de vigas o losas es utilizar la Tabla XVIII.

Tabla XVIII. Espesores o peralte mínimos para miembros a flexión.

Miembro	Espesor o peralte mínimo t			
	Libremente apoyados	Un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas en una dirección.	1/25	1/30	1/35	1/12
Vigas	1/20	1/23	1/26	1/10

Columnas

En las estructuras las piezas que trabajan a esfuerzo de compresión reciben los nombres de columnas, postes o puntales. La carga admisible o fatiga que puede soportar una columna depende de su material, del área de su sección transversal y de la relación entre su longitud y su mínima dimensión transversal. La relación entre la longitud de la pieza y el radio de giro mínimo de la sección (L/r), es su grado de esbeltez (9).

Columnas de concreto. Puede clasificarse desde varios puntos de vista. Por el material de que están constituidas pueden ser concreto simple, concreto reforzado por varillas y de secciones de fierro estructural ahogadas en concreto;

las columnas reforzadas con varillas pueden construirse con varillas colocadas longitudinalmente o con el refuerzo colocado en espiral. Respecto a la forma de carga pueden clasificarse cualquiera de los tipos anteriores en columnas con carga axial y columnas con carga excéntrica. En el presente trabajo se estudiarán las columnas de concreto armado con varillas colocadas longitudinalmente y con carga axial (carga dirigida a lo largo del eje de la columna) (9).

Es de suma importancia la longitud de las columnas en su diseño, obligando a hacer distinciones entre columnas cortas, largas y muy largas. Se considera una columna corta cuando su esbeltez, relación de la longitud libre y la menor dimensión de la sección transversal (h/d), es menor que 10; una columna se considera como larga cuando su relación h/d es mayor que 10 y menor de 40; se consideran columnas muy largas cuando su relación h/d es mayor que 40. En el presente trabajo no se estudiarán las últimas (9).

Columnas de concreto armado. El cálculo de columnas de concreto armado se reduce a fijar dimensiones de su sección suministrando una cantidad de acero proporcional a la sección de la columna (pAg); calcular su capacidad de carga y comparar ésta con la capacidad de carga requerida. Si la capacidad de carga de la pieza no satisface se aumentan generalmente las dimensiones de la sección (9).

Columnas cortas armadas longitudinalmente. En las co-

lumnas armadas con varillas longitudinalmente, al comprimirse el concreto debido a su carga, éstas se pandean fácilmente rompiendo el recubrimiento; lo anterior se evita y se mejora el trabajo de refuerzo, rodeando las varillas verticales con amarres, en forma de anillos y que según las especificaciones americanas, estos anillos deben ser mínimo de 0.6 cm (1/4") de diámetro y una separación máxima de 16 veces el diámetro del refuerzo longitudinal ó 48 veces el diámetro del material de los anillos (9).

El cálculo de la capacidad de carga de una columna corta, armada longitudinalmente se hace aplicando la fórmula siguiente, usando en los pasos en que no se da directamente el porcentaje de acero de refuerzo longitudinal.

$$p = 0.13 f'c A_g + 0.4 A_s f_s$$

donde:

p = carga que puede admitir una columna corta

A_g = área total de la sección de la columna

$f'c$ = fatiga de ruptura del concreto a los 28 días de colocado

A_s = área de la sección transversal del fierro de refuerzo.

f_s = fatiga de trabajo del fierro de refuerzo (9).

Columnas largas armadas longitudinalmente. En el diseño de las columnas largas se considera la posibilidad de pandeo, por lo que hay que tratarlas como cortas con una carga

incrementada, las especificaciones americanas dan la siguiente fórmula que también se considera como fórmula de revisión:

$$P' = P(1.3 - 0.03 h/d)$$

donde:

P' = capacidad de carga de la columna trabajando como columna larga, en kg

P = capacidad de carga de la columna considerada como columna corta, en kg

h/d = esbeltez (9).

Cimentación

El objeto de los cimientos es proporcionar a la supraestructura una base permanente y segura, tal que el movimiento de la base y el de la construcción que se le superponga, sea el menor posible y que ocasione el mínimo perjuicio a la estructura. Las condiciones que se requieren para llenar el requisito anterior son:

- 1). Los materiales de construcción debe resistir a todos los agentes que puedan deteriorarlos; y si no fuera posible esa condición, hay que darles una protección permanente.
- 2). Ninguna parte del cimiento debe someterse a esfuerzos superiores a sus límites de seguridad bajo ninguna combinación de cargas.
- 3). La carga en el lecho natural debe estar por debajo del límite de seguridad del material que lo forma en las condiciones más desfavorables (9).

Las cargas unitarias admisibles son diferentes para cada material de que esté constituido el lecho sobre el cual se apoya el cimiento. Cargas que intervienen en los cimientos:

- a). Cargas muertas o peso de la estructura completa. Se puede calcular con toda precisión la parte de peso muerto que tiene que soportar cada elemento del cimiento.
- b). Cargas vivas de una estructura es la suma de las cargas sobre el tejado y los piso.
- c). Cargas del viento. Estas dejan sentir su efecto tanto en su componente vertical como en el horizontal; la presión horizontal (P_h) tiende a aumentar la carga sobre los cimientos en la parte del edificio al lado contrario de la dirección del viento. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_h = 0.0013 v^2$$

Siendo V la velocidad del viento en km/h.

En las Tablas XIX y XX pueden obtenerse en forma directa las presiones horizontales y cargas normales, en base a la velocidad del viento e inclinación del tejado respectivamente.

Tabla XIX. Velocidades de viento y sus correspondientes presiones horizontales.

Velocidad del viento (km/h)	50	75	100	125	150
Presión horizontal (kg/m^2)	18.75	42.19	75.00	117.19	158.75

Tabla XX. Cargas normales del viento (Ph) en función de la carga horizontal y la inclinación del tejado (kg/m² de tejado).

Presión Horizontal (Ph)	Inclinación del Tejado (°)							
	10	15	20	25	30	35	40	45
18.75	6.3	9.1	11.5	13.5	15.0	16.2	17.1	17.7
42.19	14.2	20.4	25.8	30.3	33.8	36.5	38.4	39.9
75.00	25.3	36.5	45.9	53.7	60.0	64.8	68.1	70.7
117.19	39.5	57.0	71.8	84.1	93.9	102.2	106.5	110.5
168.75	56.9	82.0	103.5	121.0	134.8	145.6	153.5	163.8

Entenderemos por cimientos ordinarios, los continuos. Con respecto a la carga, la supondremos uniformemente repartida. Para su cálculo se averiguará en primer lugar, la carga que soporta el muro que debe presionar sobre el cimiento a cuya carga deberá añadirse al peso propio del muro e incluso el del mismo cimiento. Como se desconoce las medidas del cimiento, se aumenta provisionalmente la carga en un 10 por 100, que suele ser aproximadamente el peso propio del cimiento. El sistema de cálculos de cimientos ordinarios de carga centrada, se establece mediante la fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{b \times l}$$

donde:

σ = es la resistencia que por centímetro cuadrado tiene el terreno, en la Tabla XXI se observan algunos valores (12).

P = la carga total que actúa sobre el mismo (kg/cm²)

b = ancho del cimiento (cm).

l = longitud, en el caso de cimientos continuos, se refiere a un metro de pared (cm) (19).

Tabla XXI. Clasificación y resistencia de diferentes tipos de terreno.

Tipos de Terreno	Resistencia (ton/m ²)
TERRENOS DUROS	
Roca granítica	300
Piedra caliza, en lechos compactos	250
Piedra arenisca en lechos compactos	200
Conglomerados o brechas	80 a 100
Esquistos o roca blanda	80 a 100
Gravas y arenas compactas	60 a 100
Gravas, secas gruesas, encerradas	60
TERRENOS SUAVES	
Gravas y arenas mezcladas con arcilla seca	40 a 60
Arcilla seca en capas gruesas	40
Arcilla medianamente seca en capas gruesas	30
Arcillas blandas	10 a 15
Arena compacta, conglutinada encerrada	40
Arena limpia y seca, en sus lechos naturales y encerrada	20
Tierra firme seca, en sus lechos naturales	40
Terrenos de aluvión	5 a 15
Terreno del valle de México	2 a 5

Los datos que se buscan en el cálculo de un cimiento son el ancho y la profundidad del mismo. La profundidad del cimiento debe ser tal que se asegure la transmisión de toda la carga a la superficie de asiento del mismo. Para esto de be tenerse en cuenta que la presión se transmite con una in clinación de 60°. De ello resulta que si llamamos "h" a la profundidad del cimiento, "c" a la anchura del mismo y "e" a la del muro que asienta en el cimiento, la profundidad o al tura "h" será:

$$h = \frac{c - e}{2 \times 0.577} = \frac{c - e}{1.154}$$

aproximadamente igual a:

$$c - e$$

(aproximadamente, porque 2×0.577 es más o menos igual a 1). Aclaremos que el número 0.577 es el valor de la co tangente trigonométrica del ángulo de 60° y por lo tanto, un co eficien te fijo. Así pues, la profundidad del cimiento deberá ser igual o mayor que la diferencia entre su ancho y la del muro que sostiene. Como es corriente en este tipo de cálculos, el de cimiento se simplifica en la práctica por medio de tablas. Así se halla en la Tabla XXII el espesor del cimiento para varias cargas y resistencias de terreno (25).

Zapata de cimentación. Como se dijo anteriormente, la cimentación de un edificio es el grupo de elementos estructu rales que soportan a la superestructura; estos se sitúan a ni veles inferiores del piso y deben quedar bien por debajo de

Tabla XXII. Anchura de cimientos según la resistencia del terreno.

Ancho del cimiento (m)	Carga en toneladas que resiste un terreno de resistencia en kg/cm ²									
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
0,60	2,7	5,4	8,2	10,9	13,6	16,3	19,2	21,8	24,5	27,2
0,70	3,2	6,3	9,5	12,7	15,9	19,1	22,3	25,2	28,6	31,8
0,80	3,6	7,3	10,9	14,5	18,2	21,8	25,5	29,1	32,7	36,4
0,90	4,1	8,2	12,3	16,4	20,5	24,6	28,6	32,7	36,8	40,9
1,00	4,5	9,1	13,6	18,2	22,7	27,3	31,8	36,4	40,9	45,4
1,10	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,8
1,20	5,4	10,9	16,3	21,8	27,2	32,7	38,2	43,5	49,1	54,5
1,30	5,9	11,8	17,7	23,6	29,5	35,4	41,4	47,2	53,1	59,0
1,40	6,4	12,7	19,1	25,4	31,8	38,2	44,5	50,8	57,2	63,6
1,50	6,8	13,6	20,4	27,3	34,1	40,9	47,7	54,5	61,4	68,2

la línea de congelación del terreno. El propósito principal de una zapata de cimentación es distribuir las cargas de modo que no se exceda la capacidad de carga permisible del terreno, ya que en todos ellos existe una cierta cantidad de asentamiento, con excepción de la roca y es importante que dicho asentamiento tenga un valor tan pequeños como sea posible y que, en caso de que exista, sea uniforme a través de toda la estructura (26). En este caso se verán las zapatas aisladas por columnas; la mayoría de estas zapatas son cuadradas en planta y su refuerzo consiste de dos juegos de varillas, colocadas en ángulo recto uno con respecto al otro, lo cual se conoce como refuerzo en dos direcciones; el refuerzo en cuatro direcciones consiste en agregar dos juegos de varillas diagonales. La columna puede colocarse directamente sobre la zapata, o bien, sobre un dado, el cual a su vez se apoya en el bloque de la zapata.

El área de la zapata se encuentra dividiendo la carga de la columna, más el peso estimado de la zapata, entre la capacidad de carga permisible del terreno (Tabla XXI). el peso de este tipo de zapata varía entre el 4 y 10% de la carga de la columna. Los esfuerzos cortantes y de adherencia son ambos críticos en el diseño de una zapata de concreto reforzado; el procedimiento usual es determinar primero el peralte efectivo mínimo con base en la fórmula:

$$d = \left(\frac{M}{R_b} \right)^{1/2}$$

aumentado después este peralte arbitrariamente, de modo que los esfuerzos cortantes y de adherencia no excedan los valores permisibles específicos. La determinación de las dimensiones y el esfuerzo de una zapata para columna no están sujetos a un análisis exacto.

Esfuerzos de flexión. En la fórmula:

$$M = 50 wlc^2$$

donde:

M = el valor del momento en kg/cm que son las unidades utilizadas en el cálculo de los esfuerzos de flexión.

w = es la presión ejercida por el terreno kg/cm².

l = es el lado de la zapata cuadrada, en m

c = la magnitud de c será el momento con respecto a la $\frac{l - a}{2}$

a = lado de la columna cuadrada, en m

La capacidad de las zapatas al cortante está controlada por la más severa de dos condiciones:

Primera. Se considera la losa actuando como una viga ancha y se revisa el cortante en una sección a una distancia d de la carga de la columna. El área de estudio es (c-d) x l y la magnitud de V que se utilizará en la fórmula del cortante es (c-d) x l x w, en la fórmula:

$$u = \frac{V}{bd}$$

donde b = ancho de la sección crítica y tendrá el valor de l ; d es el peralte efectivo y u tiene los esfuerzos permisibles u_c para vigas sin refuerzo en el alma, es decir, 4.2 kg/cm^2 .

Segunda. Tomando en consideración la acción en dos direcciones que existe en la zapata, la sección crítica por cortante se localiza en una distancia $d/2$ por fuera del perímetro de la columna, cuyo lado marcado e , es igual a:

$$d/2 + a + d/2$$

el esfuerzo cortante en esa sección es:

$$u' = \frac{V}{b_0 d}$$

El término b_0 es igual a $4 \times e$ y el esfuerzo cortante perimetral permisible u_c en esta sección, se da como 7.7 kg/cm^2 ; para el caso de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La zona de estudio es $(l^2 - e^2)$ y la presión sobre esta área es $(l^2 - e^2) \times w = V$.

El esfuerzo de adherencia se encuentra por medio de la fórmula:

$$u'' = \frac{V}{o_j d}$$

La magnitud de V en esta fórmula es la presión sobre el área de estudio; dicha área es $c \times l$ de modo similar a la que se usó para calcular el momento flexionante y, como la presión que ejerce el terreno es w , $V = c \times l \times w$. Las varillas de refuerzo de las zapatas son siempre corrugadas y sus

puntas no deben estar a menos de 7 cm ni a más de 15 cm de la cara exterior, considerándose 7 cm como recubrimiento mínimo entre las varillas y la parte inferior de la zapata; en el caso de aquellas que se desplantan sobre tierra vegetal, el recubrimiento debe ser menor de 15 cm entre el refuerzo y el borde de la zapata. El refuerzo por tensión se encuentra por medio de la fórmula:

$$A_s = \frac{M}{f_s j d}$$

Red hidráulica

Estimación de tuberías

Cuando un líquido circula por un tubo sufre pérdidas en su energía, éstas se deben a las siguientes causas:

- 1). Pérdidas por frotamiento
- 2). Pérdidas por entrada
- 3). Pérdidas por salida
- 4). Pérdidas por súbito ensanchamiento del tubo
- 5). Pérdidas por súbito contracción del tubo
- 6). Pérdida por obstrucciones en el tubo (válvulas, etc)
- 7). Pérdidas por cambio de dirección en la circulación.

Generalmente la pérdida más importante es debida a la fricción, aunque en ciertos casos algunas de las otras pueden ser de importancia y en otros pueden incluso no existir, por ejemplo, si la tubería no tiene codos, no hay pérdidas por cambio de dirección (30).

1). Pérdidas de carga por fricción. Cuando la tubería es de gran longitud, esta pérdida es la principal y llega a ser tan grande que a veces pueden desprejarse las demás por ser muy pequeñas comparadas con ella. La pérdida de carga por fricción se representa por H_f y depende de:

- a). El material del que está construido el tubo
- b). El estado de la tubería
- c). La longitud de la tubería
- d). El diámetro
- e). La velocidad de circulación del líquido en la tubería.

La fórmula de Hazen-Williams (en sus tres formas) es comúnmente empleada para el cálculo de tubería:

$$u = k_2 d^{0.63} h^{0.54}$$

$$q = k_3 d^{2.65} h^{0.54}$$

$$H_f = k_4 \frac{Lu^{1.852}}{d^{1.167}}$$

donde:

- u = velocidad de conducción (m/seg)
- q = gasto (m^3 /seg)
- H_f = pérdida de carga por fricción (m)
- d = diámetro de la tubería
- L = longitud de la tubería
- h = pérdida de carga (m)
- k = coeficientes

Los autores dan los siguientes valores a los coeficientes:

Para tubería extremadamente lisa y tendida perfectamente alineada: $k_2 = 1.90$, $k_3 = 0.935$, $k_4 = 0.000724$

Para tuberías muy lisas, tales como tubería de hierro fundido nueva y en muy buen estado, así como tuberías de concreto lisas y alineadas: $k_2=1.105$, $k_3=0.868$ y $k_4 = 0.000831$

Para tuberías nuevas de acero, remachadas en espiral y cuando la dirección de la circulación es en sentido del traslape. Tubería de hierro fundido de 10 años de uso: $k_2 = 0.935$, $k_3 = 0.734$ y $k_4 = 0.001132$.

Para tuberías de hierro, viejas y en muy malas condiciones, variable de: $k_2 = 0.680$, $k_3 = 0.534$ y $k_4 = 0.002041$
a: $k_2 = 0.510$, $k_3 = 0.401$ y $k_4 = 0.003399$.

Para tuberías de muy pequeño diámetro, fuertemente incrustadas y en pésimas condiciones: $k_2 = 0.340$, $k_3 = 0.267$ y $k_4 = 0.007375$.

2). Pérdida de carga por entrada. En un almacenamiento, los filetes líquidos cambian de dirección al penetrar al tubo, originando una pérdida de energía, cuyo efecto equivale a reducir la carga útil (h). Esta pérdida de carga es tanto menor cuanto menos dificultad tengan los filetes a penetrar al tubo y además proporcional al cuadrado de la velocidad de circulación en el tubo, está dada por la fórmula:

$$h_e = k_e u^2 / 2g$$

en la cual k es un coeficiente que depende del grado de abocinamiento de la entrada, King* da los siguientes valores para k_e :

Para tubo re-entrante	$k_e = 0.78$
Para entrada con aristas en ángulo recto	$k_e = 0.50$
Para entrada con aristas ligeramente redondeadas	$k_e = 0.23$
Para entrada abocinada	$k_e = 0.04$

También se puede emplear la Figura 8 que es un diagrama que resuelve la fórmula mencionada anteriormente.

3). Pérdida de carga por salida. Se ha encontrado que es 0.2 de la diferencia de cargas de velocidad al final y al principio de la tubería (30).

4). Pérdidas por súbito ensanchamiento del tubo. Cuando en un punto de una tubería se cambia el diámetro d_1 a d_2 se producen turbulencias que originan una pérdida de carga para valuar esta pérdida Archer' dedujo la fórmula:

$$h_4 = 0.997 \frac{(u_1 - u_2)^{1.919}}{2} = 0.0508 (u_1 - u_2)^{1.919}$$

Esta fórmula está en el sistema métrico y aparece resuelta gráficamente en la Figura 9. Experimentalmente King

[*] King H.W. Handbook of Hydraulics, 3a. Ed. McGraw Hill Book Co.

(') Archer W.H., Loss of head due to enlargements in pipes. Transaction A.S.C.E. Vol. 73-1913.

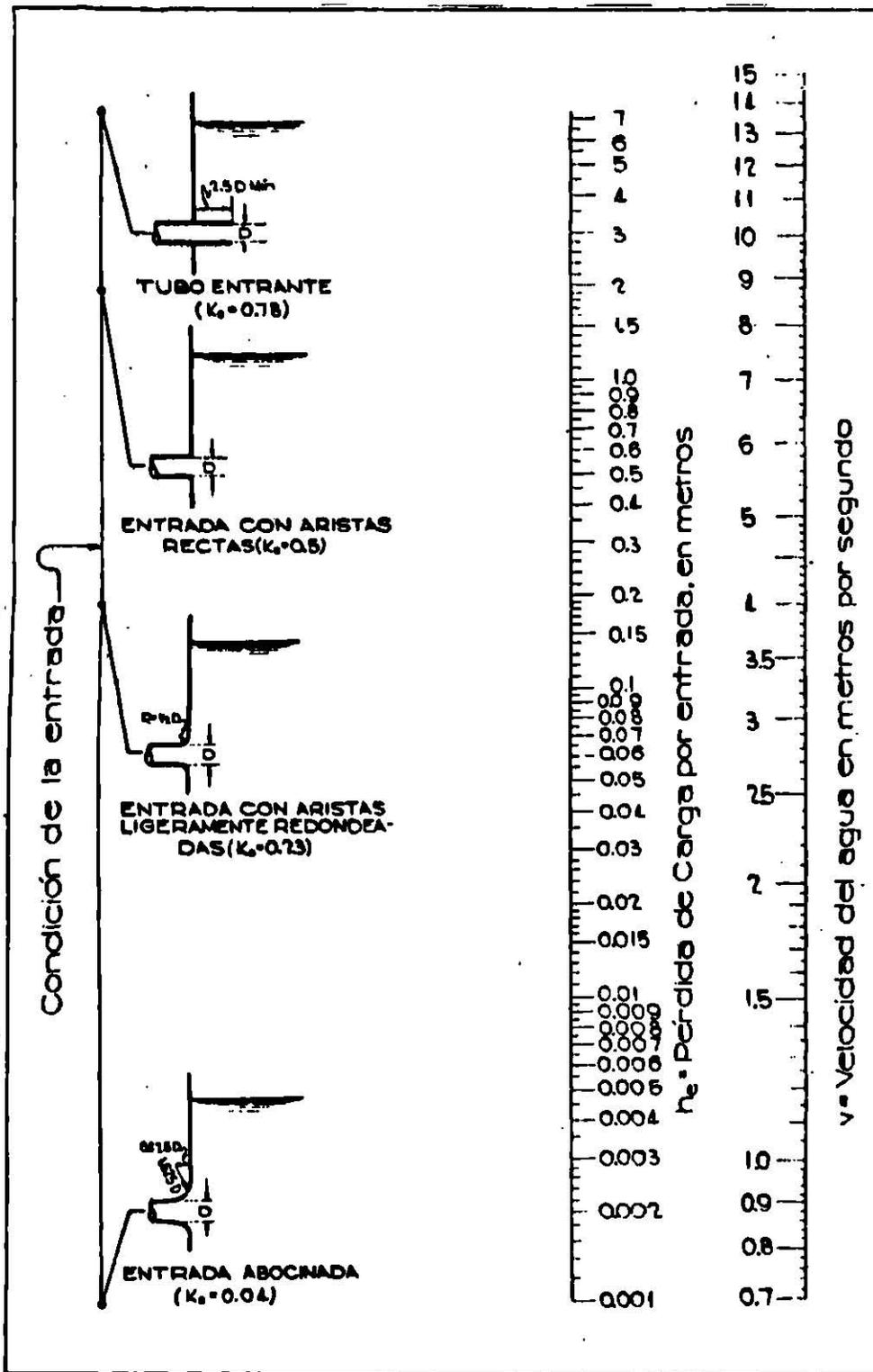


Figura 8. Nomograma para obtenerse pérdidas de carga por entrada en tuberías.

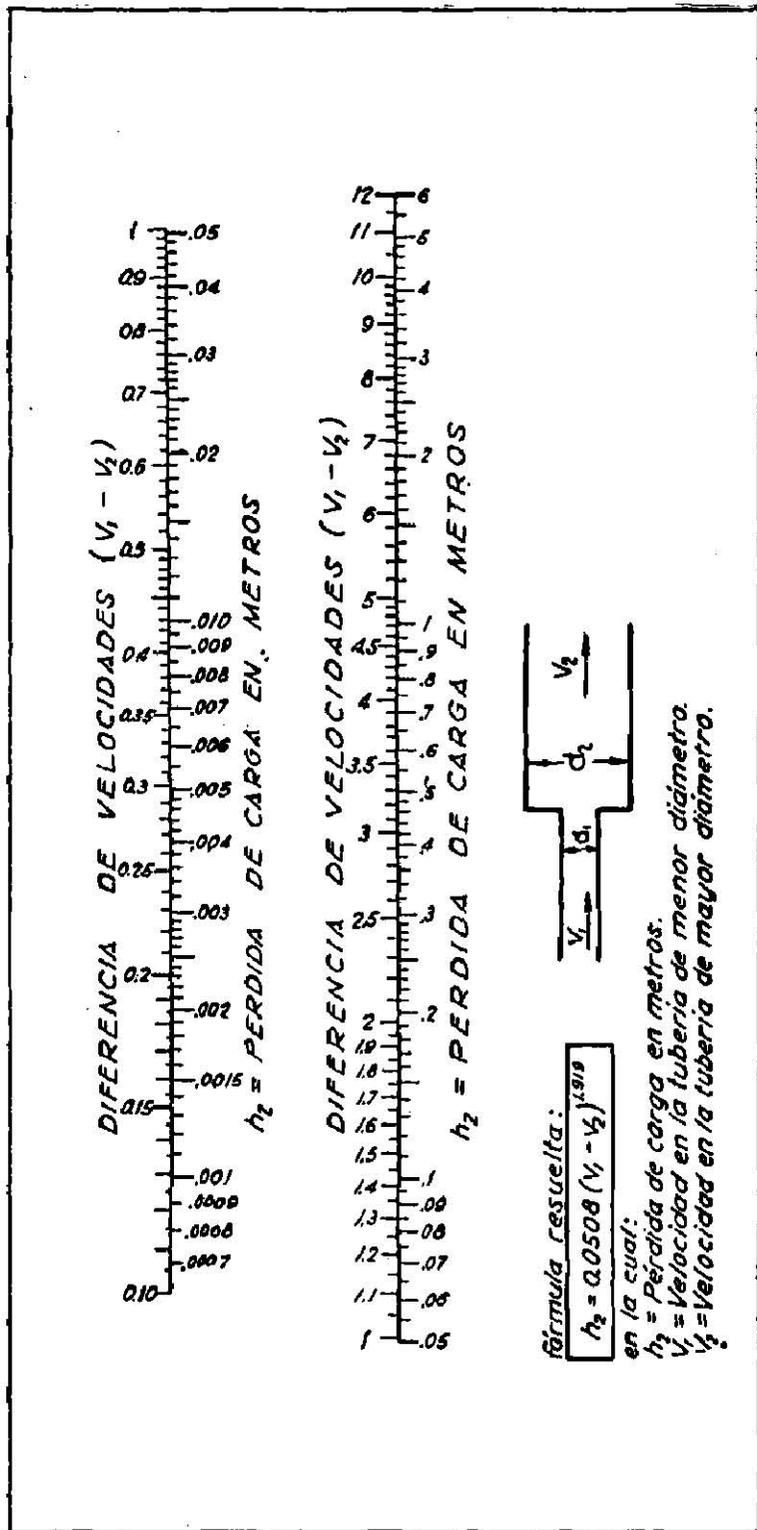


Figura 9. Escalas adyacentes que resuelven la fórmula de Archer para el cálculo de la pérdida de carga por ampliación brusca de sección.

encontró más conveniente para la determinación de la pérdida de carga por ampliación brusca la expresión:

$$h_4 = m \frac{u_1^2}{2g}$$

en la cual m es un coeficiente y u_1 la velocidad en el tubo de menor diámetro. Los valores de h_4 para el sistema métrico se dan en la Tabla XXIII (30).

5). Pérdida por súbita contracción del tubo. Para valuar esta pérdida podemos emplear la Tabla XXIV, que fue formada tomando como base las fórmulas sugeridas por Merri-man y Brigtmore*, los argumentos para entrar son la relación de los diámetros y la velocidad v_1 en el tubo de menor sección (30).

6). Pérdidas por obstrucción en el tubo. Cuando en el curso de una tubería se instala alguna válvula, o simplemente se encuentra algún obstáculo que reduce la sección hidráulica, ocurre una pérdida de carga que para valuarla empleamos una ecuación del tipo: $h_o = m_o v^2 / 2g$, en la cual m_o es un coeficiente que depende de la relación entre las áreas de la tubería y de la abertura en la obstrucción, v es la velocidad del agua en la tubería. En la Figura 10 se presenta un diagrama que resuelve la ecuación en el sistema métrico. A veces es conveniente para facilitar el cálculo, considerar la longitud de tubería en la cual la pérdida por fricción es la misma que la debida a una válvula o un acce-

(*) Merriman M. "Treatise on Hydraulics" 10a. Ed. 1916.

Tabla XXIII. Pérdidas de carga en metros, por ampliación brusca de sección de tuberías.

$\frac{d_2}{d_1}$	VELOCIDAD v_1 EN METROS POR SEGUNDO																	
	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	6.00	7.00	8.00	10.00	12.00
1.2	.0014	.0030	.0053	.0080	.0116	.0154	.0195	.0304	.0432	.0581	.0754	.0940	.1143	.1638	.2200	.2845	.4337	.6247
1.4	.0034	.0074	.0129	.0198	.0282	.0378	.0490	.0755	.1067	.1431	.1853	.2314	.2819	.4030	.5400	0.700	1.071	1.521
1.6	.0052	.0113	.0198	.0302	.0428	.0573	.0743	.1146	.1624	.2175	.2821	.3523	.4293	.6127	.8225	1.063	1.633	2.314
1.8	.0066	.0143	.0251	.0383	.0547	.0732	.0948	.1459	.2065	.2769	.3592	.4483	.5474	.7820	1.050	1.357	2.077	2.946
2.0	.0077	.0167	.0294	.0449	.0638	.0855	.1105	.1706	.2415	.3238	.4198	.5237	.6388	.9126	1.225	1.586	2.429	3.446
2.5	.0096	.0203	.0366	.0508	.0795	.1064	.1376	.2122	.3004	.4025	.5223	.6518	.7950	1.135	1.523	1.969	3.020	4.283
3.0	.0107	.0232	.0407	.0622	.0886	.1185	.1531	.2365	.3345	.4488	.5830	.7272	.8865	1.268	1.700	2.197	3.367	4.776
4.0	.0118	.0257	.0452	.0689	.0982	.1313	.1696	.2621	.3712	.4969	.6453	.8047	.9804	1.402	1.883	2.433	3.724	5.290
5.0	.0123	.0269	.0472	.0722	.1026	.1374	.1777	.2742	.3882	.5200	.6749	.8419	1.026	1.466	1.968	2.544	3.898	5.533
10.0		.0286	.0502	.0766	.1090	.1457	.1885	.2912	.4122	.5319	.7167	.8935	1.090	1.558	2.290	2.701	4.138	5.819
∞			.0510	.0788	.1110	.1486	.1922	.2966	.4200	.5625	.7306	.9111	1.110	1.588	2.130	2.753	4.219	5.988

Tabla XXIV. Pérdidas de carga en metros, debido a reducción brusca de sección de tuberías.

d_2/d_1	VELOCIDAD v_1 EN METROS POR SEGUNDO																	
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	12.0
1.1	.000	.001	.002	.003	.004	.006	.008	.013	.019	.026	.035	.045	.057	.086	.123	.167	.276	.426
1.2	.001	.002	.003	.005	.008	.011	.015	.024	.035	.049	.065	.085	.108	.162	.228	.307	.510	.778
1.4	.002	.005	.009	.013	.019	.027	.035	.055	.080	.110	.145	.185	.231	.338	.468	.620	.995	1.47
1.6	.003	.007	.013	.021	.030	.040	.053	.082	.118	.161	.209	.263	.325	.465	.630	.816	1.26	1.79
1.8	.004	.010	.017	.027	.038	.052	.067	.104	.149	.201	.260	.325	.398	.562	.750	.960	1.44	1.98
2.0	.005	.011	.019	.029	.042	.057	.074	.114	.163	.219	.283	.354	.432	.610	.813	1.04	1.55	2.13
2.2	.005	.011	.020	.031	.045	.061	.079	.122	.174	.234	.302	.378	.457	.643	.855	1.09	1.63	2.23
2.5	.005	.012	.021	.033	.047	.064	.083	.128	.182	.245	.317	.397	.485	.680	900	1.14	1.68	2.28
3.0	.005	.013	.022	.035	.050	.068	.088	.136	.193	.259	.335	.418	.510	.716	.950	1.21	1.79	2.42
4.0	.006	.013	.024	.037	.053	.071	.092	.142	.201	.269	.346	.431	.523	.735	.975	1.24	1.84	2.50
5.0	.006	.014	.024	.038	.054	.073	.094	.146	.208	.279	.360	.449	.541	.759	1.00	1.28	1.88	2.53
10.0	.006	.014	.025	.039	.055	.075	.097	.150	.214	.288	.371	.465	.557	.781	1.03	1.31	1.93	2.61
∞	.006	.014	.025	.039	.055	.075	.098	.151	.216	.291	.375	.470	.574	.808	1.08	1.37	2.04	2.79

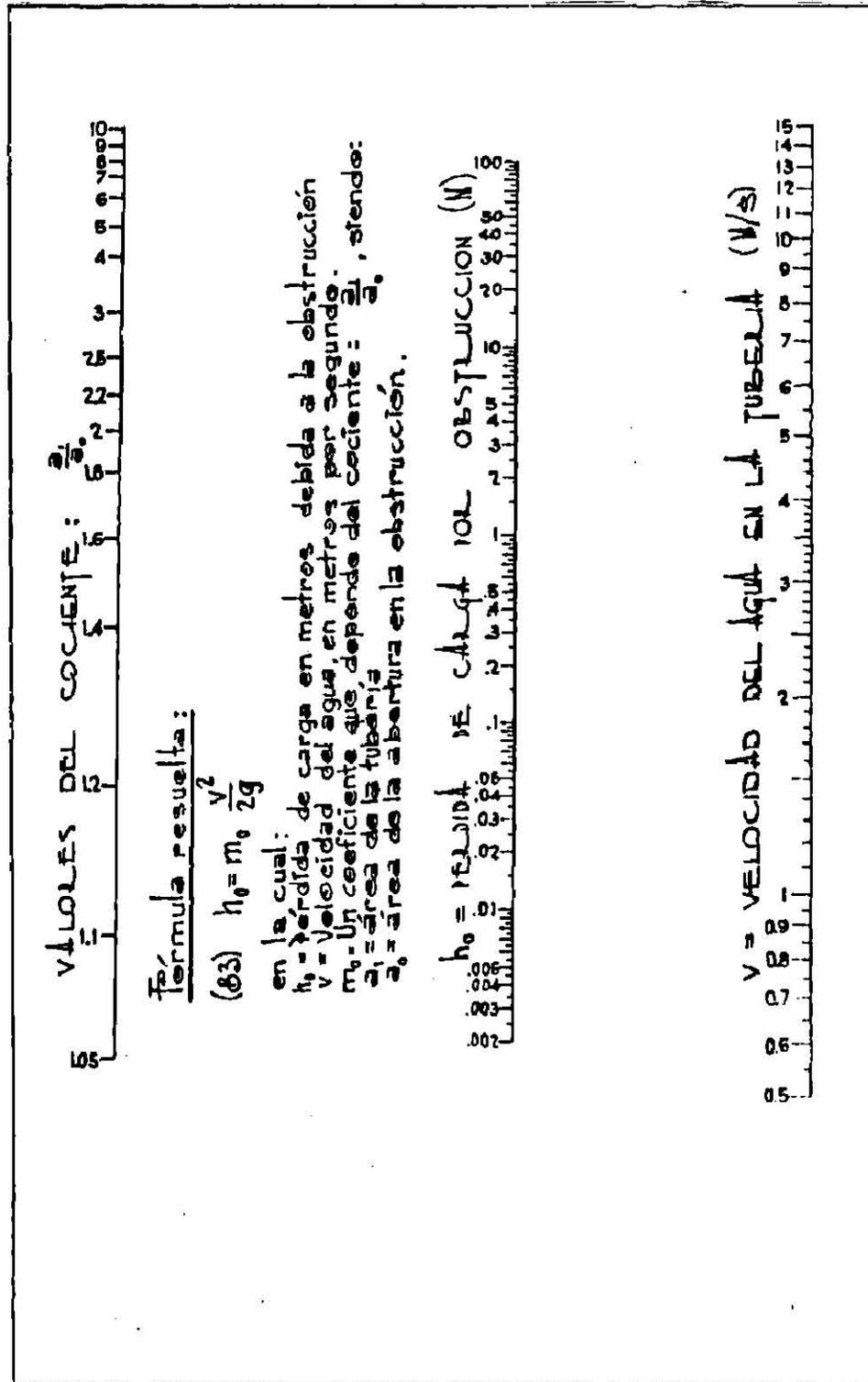


Figura 10. Diagrama para obtener pérdida de carga por obstrucción a válvulas en tuberías

sorio. Para obtener esa equivalencia se emplea el diagrama de la Figura 11 (30).

7). Pérdidas por cambios de dirección en la circulación. Cuando en una tubería hay necesidad de hacer un cambio en la dirección, ya sea horizontal o verticalmente, formando un ángulo, la pérdida de carga originada por este motivo se puede obtener aplicando la fórmula: $h = c(v^2/90 \cdot 2g)^{1/2}$ en la cual es el ángulo de la deflexión en grados, v la velocidad del agua en la tubería y c un coeficiente cuyo valor comúnmente se ha adoptado de 0.25; un diagrama resolviendo esta fórmula se encuentra en la Figura 12 (30).

Potencia requerida por la bomba

La potencia del motor es directamente proporcional al gasto y a la carga, en inversamente proporcional a las eficiencias del motor y de la bomba; está dada por la fórmula:

$$\text{Potencia en H.P.} = P \frac{Q(h + H_f)}{76 \times n} 1000$$

en la cual:

Q = gasto expresado en m^3/seg

h = desnivel entre el espejo del agua en la succión y la carga

H_f = pérdida de carga por fricción en la tubería

$n = n_m \times n_b$ = eficiencia del conjunto motor-bomba

(38).

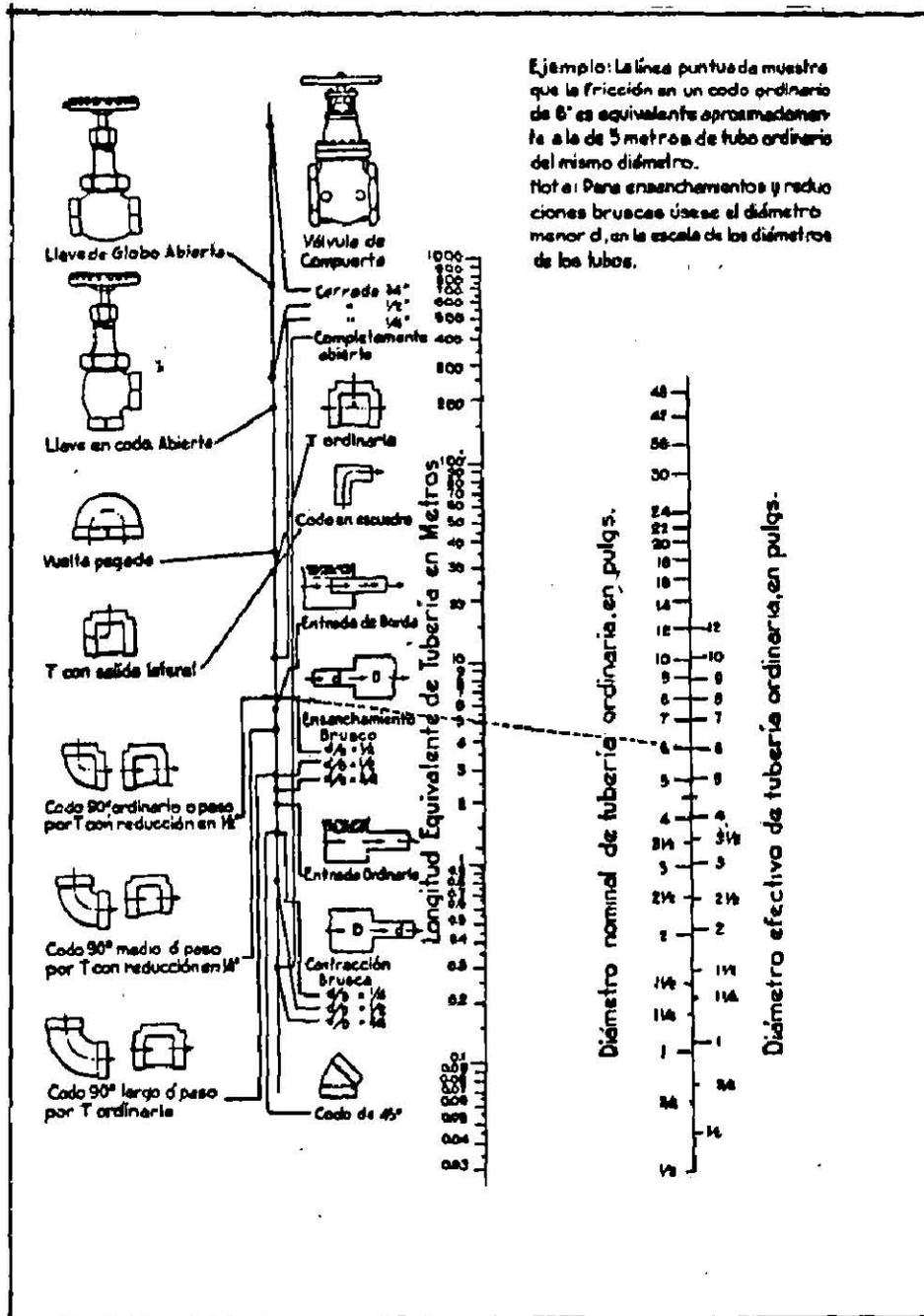


Figura 11. Diagrama para estimar la pérdida de carga por fricción en válvulas y accesorios.

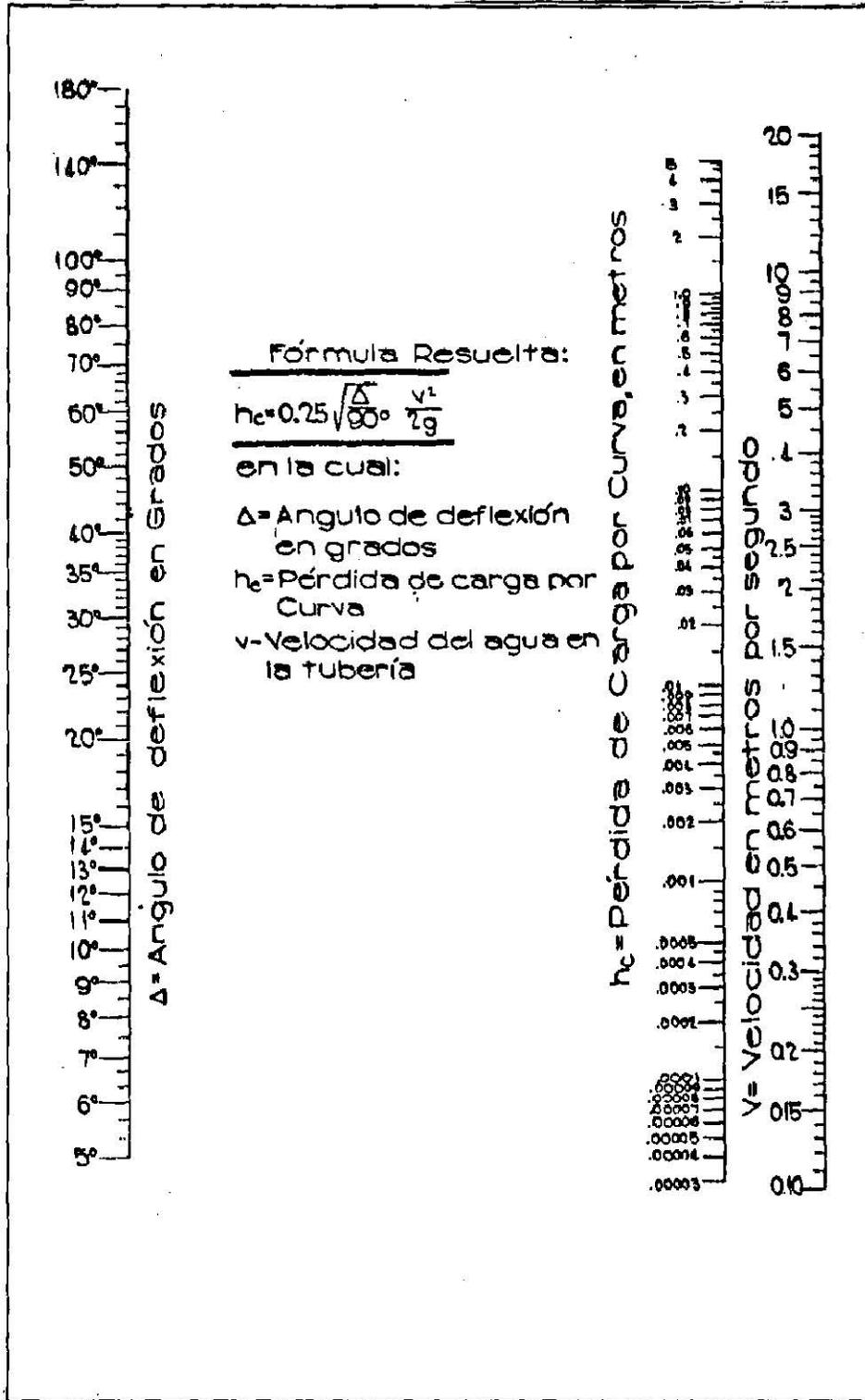


Figura 12. Diagrama para calcular pérdidas de carga por curvas en tuberías.

Fórmulas exponenciales para cañerías de pequeño diámetro.

La fórmula de Hazen Williams ha sido recomendada para tuberías de 2" o más de diámetro.

Para tubos de pequeño diámetro (1/ a 2"), Fiar-Whipple-Hsiao (1930), después de un gran número de experiencias propusieron fórmulas especiales del tipo de las de Hazen-Williams y que han sido aceptadas y recomendadas como las más satisfactorias.

Para tuberías de acero galvanizado y agua fría, la fórmula es la siguiente:

$$sf = 0.002021 Q^{1.88} D^{-4.88}$$

Para tubos de cobre o latón

Agua fría	$Q = 55.934 D^{2.71}$	Sf 0.57
Agua caliente	$Q = 63.281 D^{2.71}$	Sf 0.57

Importancia relativa de las pérdidas locales

Las pérdidas locales pueden ser despreciadas en las tuberías largas, cuya extensión supere 4000 veces el diámetro. Se desprecian todavía en las tuberías en que la velocidad es baja y en número de piezas especiales no es grande.

Así, por ejemplo, las pérdidas locales no son tomadas en cuenta en los cálculos de las líneas de conducción redes de distribución, etc.

Un método para tomar en cuenta las pérdidas locales es el de las longitudes, esto estima el equivalente en mt de tubería para cada pieza mediante la Figura 11 y aumentarla a la magnitud total de la red (6).

Red sanitaria

Hidráulica de los conductos

La reunión y concentración de los residuos líquidos de una comunidad, denominados aguas negras, crea el problema de su evacuación, que es necesario resolver para proteger la salud y el bienestar públicos.

El destino final de las aguas negras solo puede ser el campo o una masa de agua.

Una alcantarilla o atarjea es un canal o conducto destinado a la evacuación de los residuos líquidos.

Localización de las tuberías. Todas las tuberías deben proyectarse de modo que la pendiente esté, si es posible, en el mismo sentido que la pendiente natural del terreno (7).

Las aguas naturales siempre contienen materias en suspensión, materiales estos susceptibles de sedimentarse en determinadas condiciones. Si los canales fuesen proyectados para funcionar con velocidades muy reducidas, habrá peligro de sedimentación de esos materiales.

Si por el contrario, los canales fuesen ejecutados para trabajos con velocidades muy elevadas, las paredes materiales y el fondo serán erosionados, alternándose las condiciones del proyecto.

En la Tabla XXV se muestran los rangos de valores más comunes en la práctica.

Tabla XXV. Velocidades prácticas en conductos.

Tipo de conducción	Velocidad (m/s)
Canales de navegación	hasta 0.50
Canales industriales sin revestimiento.	0.60 a 0.80
Canales industriales con revestimiento.	0.60 a 1.40
Acueductos de agua potable	0.60 a 1.30
Alcantarillas	0.60 a 1.50

Pendiente. La velocidad es función de la pendiente a consecuencia de los límites establecidos para la velocidad, resulta límites para la pendiente. Los valores presentados en Tabla XXVI son solo indicativos (6).

Para el cálculo de la velocidad se usa la fórmula de Manning:

$$V = r^{2/3} \cdot 3^{1/2} / n$$

donde:

V = velocidad m/seg

r = radio hidráulico m

s = pendiente

n = coeficiente de rugosidad (Tabla XXVII)

El radio hidráulico (r), es la relación del área sobre el perímetro mojado.

Los valores del coeficiente de rugosidad se ven en la Tabla XXVII.

Tabla XXVI. Pendiente límite en conductos de alcantarillados.

Diámetro		Pendiente común
m	pul	
0.10	4	0.02 a 0.250
0.15	6	0.007 a 0.200
0.20	8	0.005 a 0.150
0.25	10	0.0035 a 0.125
0.30	12	0.0025 a 0.100
0.40	16	0.0020 a 0.050
0.50	20	0.015 a 0.040
0.60	24	0.0010 a 0.030
0.80	32	0.00075 a 0.020
1.00	40	0.00050 a 0.010
Grandes secciones		0.00025 a 0.005

Existe un valor particular del tirante con el cual escurre el gasto máximo, a este valor se le llama tirante crítico. Su estimación se hace para corroborar la capacidad del conducto, mediante la fórmula:

Tabla XXVII. Valores de "n" para uso en las fórmulas de Kutter y de Manning.

Naturaleza de los materiales	n
Madera bien lisa	0.009
Cemento limpio o tubos muy lisos	0.010
Madera no alisada. Cemento de la mejor calidad	0.012
Mampostería u obra de ladrillo, lisas o conducciones de concreto en condiciones ordinarias	0.013
Tubos de barro vidriado o mampostería de ladrillo ordinaria	0.015
Mampostería concertada o ladrillo rugoso	0.017
Tubería lisa	0.020
Canales rugosos con hierba	0.35
	0.30
	0.50

$$d_c = (Q^2/B^2g)^{1/3}$$

donde:

d_c = tirante crítico

Q = gasto (m^3/s)

B = plantilla o diámetro del conducto (m)

g = gravedad (9.8 m/s²)

Para determinar el gasto se utiliza la siguiente fórmula racional:

$$Q = V.A$$

donde :

Q = gasto medio conducido (m^3/s)

V = velocidad del fluido (m/s)

A = : area mojada de la sección transversal (m^2) (30)

Fosa séptica

Usualmente, es necesario recurrir a algún sistema de tratamiento para preparar a las aguas negras para su eliminación definitiva.

El objetivo de estos dos métodos de tratamiento de las aguas negras empleados hasta hoy, ha sido transformarlas en un residuo líquido que pueda evacuarse sin perjuicio. Debe adoptarse el método más sencillo con el que pueda obtenerse este resultado, dentro de las condiciones particulares de cada caso.

En un proceso primario de tratamiento de aguas negras, los sólidos flotantes en suspensión de las aguas negras, no tratadas se reducen por sedimentación libre, tamización fina, o en fosas sépticas.

Una fosa séptica es un tanque horizontal de escurrimiento continuo, de un solo piso a través del cual se dejan fluir las aguas negras lentamente para permitir que la materia sedimentable se precipite hasta el fondo donde queda retenida hasta que se establece la descomposición anaeróbica con el resultado de que una parte de la materia orgánica en suspensión pasa de la forma sólida a la líquida o gaseosa y se reduce la cantidad de lodo que es necesario eliminar.

La forma más simple de una fosa séptica puede ser un tanque de un solo compartimiento, de forma cilíndrica o rectangular. Una fosa para una vivienda no debe tener capacidad menor a 1750 litros con margen para la acumulación de unos 70 lt de lodo al año por cada persona que vaya a usar el tanque.

El período de tiempo entre limpiezas en una fosa séptica doméstica, depende del número de personas a que de servicio, de la cantidad y calidad de las aguas negras descargadas en ella, lo que hace que no sea posible establecer un número de días que sea aplicable a todas las fosas sépticas. Este período puede ser de un año o más bajo condiciones normales (7).

En el caso de un establo lechero el agua de lavado y el estiércol de las salas de ordeño y de espera se podrán conducir por gravedad a un foso equipado con una bomba y descarga a zanj^{as} para irrigación.

La capacidad de la fosa debe ser de 95 lt/vaca/día (se recomienda para dos días de almacenamiento). La bomba debe ser centrífuga de impulsor abierto o autocebante, de 2 a 5 H.P., controlada con electrónivel (3).

Localización. Se hará de acuerdo con la topografía general del terreno. El tanque séptico se localizará a una distancia horizontal mínima de 3 mt de la vivienda. El campo de oxidación se localizará a una distancia mínima de 15 metros de cualquier fuente de abastecimiento de agua y el fondo del campo de oxidación a 1.50 m mínimo del nivel freático.

Algunos datos útiles para el diseño de un tanque séptico:

- El tirante mínimo del líquido debe ser de 1.10 m
- El largo será 2 a 3 veces su ancho
- La diferencia de altura entre las tuberías de entrada y salida será de 0.05 m
- Capacidad mínimas: 1,500 lt
- Período de retención: 24 a 48 hr.

MATERIALES Y METODOS

Se hizo la recopilación de datos necesarios para un diseño de este tipo, como son: los estándares de dimensionamiento, información para el diseño de los elementos constructivos, datos específicos de la zona donde se proyectó la construcción como son: ubicación y clima, para esto, se consultó material bibliográfico.

Utilizando equipo topográfico, se realizó un reconocimiento del terreno, se obtuvieron curvas a nivel para detectar los posibles problemas de drenaje en algún lugar donde se pretendería establecer la explotación lechera.

Se determinaron las dimensiones y características de la instalación preestablecida donde se desea ubicar el área de ordeña, ésto se realizó con equipo de medición.

Se realizan propuestas de diseño funcional, haciendo un estudio y análisis en cada una a fin de determinar la más viable. En el caso del área de ordeña se hará el diseño estructural (cimentación, columnas, vigas, etc.) de las plazas.

Se propondrá en el área de ordeña, la distribución de las diferentes instalaciones o servicios, utilizando equipo y material de dibujo se elaboraron los respectivos planos para cada caso.

RESULTADOS

Datos previos al diseño

Datos geográficos

Geográficamente la zona donde se realizó el estudio está cerca del municipio de Marín, N.L. (a 4 km aproximadamente), el cual se ubica en las coordenadas geográficas 25°52'30" de Latitud Norte y 100°04'07" de Longitud Oeste, con una altura de 350 msnm.

Datos climáticos

Tipo de clima. A Marín se le ubica en los subtipos climáticos BSo y BS₁, correspondientes a regiones de clima seco y estepario.

Precipitación. Esta tiene un régimen de pp en verano y asciende a 560 mm anuales.

Temperatura. Asciende en promedio anual a 22°C, con una evaporación anual de 2,067 mm.

Datos topográficos

Curvas a nivel. Las curvas obtenidas se observan en el Plano No. 1, donde se puede ver que no existe problema de drenaje, por lo que no necesita nivelación alguna.

Nivelación de perfil. Los datos levantados (Tabla XXVIII) se utilizan para conocer el desnivel existente entre la salida de la red sanitaria y el punto de descarga.

Tabla XXVIII. Datos de nivelación de perfil entre la salida del desague y el punto de descarga.

P.V.	Lec. (+)	A.A.	Lec. (-)	Cota (m)
B.N.	1.31	101.31		100.00
0 + 000			1.21	100.10
0 + 020			1.73	99.58
0 + 040			2.42	98.89
0 + 060			2.53	98.78
0 + 080			2.64	98.67
0 + 100	0.60	99.01	2.90	98.41
0 + 120			1.17	97.84
0 + 140			2.12	96.89
0 + 160			2.85	96.16
0 + 165			3.20	95.81

Estimación de la cantidad de animales a criar

Vacas en producción

En base a la distribución de los corrales para animales en producción y la cantidad que podrá alojar cada uno (datos que se verán más adelante), se estimó 256 vacas productoras.

Vacas secas

Considerando las vacas en producción como el 85% del total de vacas adultas (no primerizas) y el 15% restante como vacas secas, se encontró que el grupo formado por estas últimas debe estar compuesto por 45 animales.

Vacas de reemplazo

Sumando vacas secas y en producción, se obtuvo la cantidad de vacas adultas que se debe reemplazar (301) a un nivel de 25% por año, lo cual representa una reposición de 75 animales. El reemplazo de animales se debe hacer tratando que sea proporcional durante los 12 meses del año (6 animales/mes), cubriendo el total de vacas en el mismo año, en forma equilibrada se calculó que cada mes se deben cargar 26 animales; la cantidad anterior se ve disminuida por diferentes factores:

- a). Se encontró que de las vacas cargadas sólo 17 quedan preñadas, debido a que el 35% se pierden por el efecto combinado de muerte embrionaria temprana y pérdida de fertilidad.
- b). El porcentaje de la mortalidad al nacimiento es de 8%, lo que representa una baja de dos animales.
- c). De los nacimientos logrados el 50% son machos.
- d). Del 10 al 12% mueren durante el desarrollo.
- e). A lo anterior se suma esterilidad de las vaquillas

primerizas (6%) y la mortandad de otras al parto (4%), dando por resultado que solo siete animales de reemplazo son logrados.

A las vacas primerizas se les aplicó el mismo criterio, donde se obtuvo que sólo dos vaquillas descendientes de primerizas logran sobrevivir; tomando en cuenta la pérdida de animales en cada etapa, se estableció el número de animales para los cuales se diseñarán los corrales de reemplazo.

Diseño de corrales

Corrales de vacas en producción

Se diseñaron corrales radiales, ya que son los que mejor se adaptan a las condiciones climáticas de la región, para el diseño se tomó en cuenta lo siguiente:

- El área requerida por animal es de 30 a 46 m²
- Los grupos de animales deben ser de 20 a 40
- El diseño de la sala de ordeña está de tal manera que su máxima capacidad son ocho plazas.
- Las vacas en producción serán mínimo 250.

en base a lo anterior, se planteó lo siguiente:

Se deben agrupar animales en cantidades múltiplos de ocho, ya que éste será el número de plazas máximo (a futuro) en la sala de ordeña, buscándose con esto la mayor efi

ciencia posible. Debido a que el lado norte es el área más reducida por la proximidad del canal, en este sector se trzó los corrales más cortos, basándose en lo anterior, se diñaron siete corrales, uno con capacidad para 24 animales, uno para 32 y cinco para 40 animales, dando un total de 256 vacas en producción.

En cada corral se consideró 30° como ángulo de abertura y un área de 40 m² por animal. Para encontrar el radio requerido por el corral, se utilizó la fórmula del área circular;

$$A = r^2 \text{ despejando } r$$

$$r = (A/\pi)^{1/2}$$

Para conocer "A", se hizo el siguiente planteamiento Si el área de un círculo consta de 360°, la parte proporcional para 30° (ángulo de cada corral) es 12, de esto se dedujo que multiplicando 12 por el área requerida en el corral se conoce "A" y en consecuencia el radio.

Radio del corral para 24 animales:

$$\begin{aligned} \text{Area requerida} &= 24 \text{ animales} \times 40 \text{ m}^2 / \text{animal} \\ &= 960 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{De donde } A = 960 \text{ m}^2 \times 12 = 11,520 \text{ m}^2$$

sustituyendo en r

$$r = (11,520 \text{ m}^2 / \pi)^{1/2} = 60.6$$

Radio del corral para 32 animales:

$$\begin{aligned} \text{Area requerida} &= 32 \text{ animales} \times 40 \text{ m}^2/\text{animal} \\ &= 1,280 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

De donde $A = 1,280 \text{ m}^2 \times 12 = 15,360 \text{ m}^2$
sustituyendo en r

$$r = (15,360 \text{ m}^2 / \pi)^{1/2} = 70 \text{ m}$$

Radio del corral para 40 animales:

$$\begin{aligned} \text{Area requerida} &= 40 \text{ animales} \times 40 \text{ m}^2/\text{animal} \\ &= 1,600 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

De donde $A = 1,600 \text{ m}^2 \times 12 = 19,200 \text{ m}^2$

sustituyendo en r

$$r = (19,200 \text{ m}^2 / \pi)^{1/2} = 78.20 \text{ m}$$

Corrales para vacas secas

La cantidad de vacas secas es de 45, para fines prácticos de diseño (debido al esquema de los corrales mostrados en el plano general de funcionalidad], se estimaron dos corrales, uno con capacidad de 20 vacas y otro de 25, el área que se asignó por vaca es de 44 m^2 ; por lo tanto, el área requerida por el primer corral (para 20 vacas), es de 900 m^2 , la cual fue satisfecha con un dimensionamiento de $22.50 \text{ m} \times 40.00 \text{ m}$; el área requerida por el segundo corral (para 25 vacas) es de $1,125.00 \text{ m}^2$, la cual fue satisfecha con un dimensionamiento de $28.14 \text{ m} \times 40.00 \text{ m}$. Pero debido al diseño, se requirió un corral con forma de trapecio, el cual tendría las siguientes dimensiones:

Ancho de 40.00 m y dos dimensiones laterales, una de 23.50 m y otra de 33.50 m, el área de este corral se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$A = (b + b') \cdot h/2$$

Donde b y b' = son las dimensiones laterales

h = es el ancho del corral

sustituyendo:

$$\begin{aligned} A &= (23.50 \text{ m} + 33.50 \text{ m}) \cdot 40.00 \text{ m}/2 \\ &= 1,140.00 \text{ m} \end{aligned}$$

esta área es mayor que la requerida y por lo tanto, aceptable.

Corrales para animales de reemplazo

Apartir de los índices de productividad, se obtuvo que durante los primeros seis meses se tienen 12 animales por cada mes de edad. Para el diseño de los corrales, lo primero que se hizo fue agrupar los animales por rango de edad, éstos fueron los siguientes:

- a). Del nacimiento hasta 2 meses, los cuales se crían en Becerras en un local específico.
- b). De 2 a 4 meses, en este rango se hicieron 2 grupos de 12 animales cada uno
- c). De 4 a 5 meses, al igual que el anterior se hicieron 2 grupos de 12 animales cada uno.
- d). De 6 a 8 meses, se hizo un grupo de 22 animales
- e). De 8 a 10 meses, se hizo un grupo de 22 animales
- f). De 10 a 12 meses, se hizo un grupo de 22 animales
- g). De 12 a 15 meses, se hizo un grupo de 33 animales
- h). De 15 a 18 meses, se hizo un grupo de 33 animales

- i). De 18 a 21 meses, se hizo un grupo de 33 animales
- j). De 21 a 24 meses, se hizo un grupo de 33 animales.

Se previó colocar los animales de 0 a 2 meses en una sala de becerras, localizada junto a los parideros, las becerras miden 0.80 m de ancho por 1.65 m de largo; colocando dos hileras de becerras cada una y dejando un espacio de 0.40 m entre becerras, 0.60 m de la pared a las becerras y 2.00 m entre hileras, se estimó el requerimiento en local de 7 m de ancho por 15 m de largo. Junto a éste se debe instalar un cuarto para la preparación del alimento de los becerros.

Rango b

Para esta edad se le asignó $5 \text{ m}^2/\text{animal}$; recordando que cada corral tiene 12 animales, se necesitaron 60 m^2 , dichos requerimientos se satisfacen con un corral de $6 \times 10 \text{ m}$.

Rango c

Este rango tiene las mismas condiciones que el anterior, por lo que el corral tendrá las mismas dimensiones.

Rangos d, e, f

En estos corrales se recomendó $14 \text{ m}^2/\text{animal}$, asignando 22 animales por corral, se necesitaron 308 m^2 en cada uno por lo que el corral de $13.5 \times 23 \text{ m}$ es suficiente.

Rango g

Al igual que en los anteriores, se recomendó 14 m^2 /animal, sólo que en este caso el grupo es de 33 animales por lo que se debe dar 462 m^2 ($20 \text{ m} \times 23 \text{ m}$).

Rango h

Al inicio de esta etapa las vaquillas deben ser cargadas, por lo que pasan a ser inseminadas o a la monta natural en los toriles. De aquí son llevadas a los corrales de vaquillas cargadas donde se asignaron 28 m^2 /animal, utilizando un corral de $23 \text{ m} \times 40 \text{ m}$.

Rangos i, j

Debido a que tienen las mismas condiciones y requerimientos se recomiendan corrales de igual dimensión.

Diseño de componentes o accesorios en los corrales

Para esto se basó en los grupos hechos en el diseño de los corrales, por lo que sólo se mencionará el grupo en cuestión, las necesidades por animal de espacio lineal o área, dependiendo del componente y la solución a los requerimientos por corral.

Vacas en producción

Requerimientos:

- a). Comedero, se asignó un 0.80 m/animal
- b). Bebedero, se estima de tal manera que tan sólo el 10% de los animales beba al mismo tiempo, proporcionando 0.75 m /animal. En este caso se asignó bebederos de 4.2 m de largo, incluyendo saladero con un ancho de 1.00 m.
- c). Sombreadero, se requiere un área de 3,70 m²/animal (el ancho será de 4.9 m).

Solución:

Corral de 24 animales

- Comedero: 19.2 m
- Bebedero: 1.8 m
- Sombreadero: 88.8 m² (4.9 m x 18.2 m)

Corral de 32 animales

- Comedero: 25.60 m
- Bebedero: 2.40 m
- Sombreadero: 1118.00 m² (4.9 x 24.16 m)

Corral de 40 animales

- Comedero: 32.00 m
- Bebedero: 3.00 m
- Sombreadero: 148.00 m² (4.9 x 30.20 m)

A continuación se mencionan componentes cuyas medidas son uniformes en vacas de producción.

- 1). Saladeros. Se colocan junto a los bebederos con un murete divisor de 0.50 m de alto, son del mismo ancho que los bebederos y la longitud es de 0.55 m.
- 2). Puertas. Para el acceso de maquinaria, el ancho propuesto es de 3.30 m. Para el movimiento de animales el ancho propuesto es de 2.00 m.
- 3). Banquetas. Son de 2.50 m de ancho alrededor de los bebederos, al igual que el lado interior de los co-

mederos; por el lado exterior es de 4.00 m para el paso de la maquinaria distribuidora de alimento.

Vacas secas

Requerimientos:

- a). Comedero: 0.80 m lineales/animal
- b). Bebederos. Se estima de tal manera que sólo el 10% de los animales beba al mismo tiempo, proporcionando 0.75 m/animal. En este caso se asignó bebederos de 4.2 m de largo incluyendo saladero, con un ancho de 1.00 m.
- c). Sombreadero. Se requiere un área de 4.00 m²/animal (de ancho standar de sombreadero es de 4.90 m).

Solución:

Corral de 20 animales

- Comedero: 16.00 m
- Bebedero: 1.50 m
- Sombreadero: 80.00 m² (4.9 m y 16.40 m)

Corral de 25 animales

- Comedero: 20.00 m
- Bebedero: 1.90 m
- Sombreadero: 100.00 m (4.9 m x 20.40 m)

Los saladeros, las puertas y banquetas tienen las mismas características de los corrales para vacas en producción.

Animales de reemplazo

Grupo "a". Se prevé colocar en una sala de crianza

por lo que no se establecen requerimientos de comederos, bebederos y sombreaderos, en la forma como se hizo en los anteriores casos. Los detalles de la sala de becerras y de estas, se muestran en el Plano No. 16.

Grupo "b".

Requerimientos:

- Comedero: 0.40 m lineales/animal
- Bebedero: Se estimó de manera que sólo el 10% de los animales tienen acceso al mismo tiempo, dando 0.40 m lineales/animal.

Solución:

- Comedero: 4.80 m
- Bebedero: 0.80 m
- Sombreadero: 9.6 m²

Grupo "c". Este tiene los mismos requerimientos y como el número de animales por grupo es igual, le corresponden las mismas soluciones que al anterior.

Grupo "d"

Requerimientos:

- Comedero: 0.46 m lineales/animal
- Bebedero: Se diseñó de manera que sólo el 10% de los animales beban al mismo tiempo, dando 0.40 m lineales/animal.
- Sombreadero: 2.00 m²/animal

Solución:

- Comedero: 10.12 m
- Bebedero: 1.38 m
- Sombreadero: 44.00 m²

Grupo "e". Debido a que posee las mismas condiciones en cuanto a requerimientos y cantidad de animales, se conce
dió igual solución que el grupo anterior.

Grupo "f"

Requerimientos:

- Comedero: 0.50 m lineales/animal
- Bebedero: Se diseñó de manera que sólo el 10% de los animales beban al mismo tiempo, proporcionando 0.50 m/animal
- Sombreadero: 2.00 m²/animal

Solución:

- Comedero: 11.00 m
- Bebedero: 1.50 m
- Sombreadero: 44.00 m²

Grupo "g"

Requerimientos:

- Comedero: 0.50 m lineales/animal
- Bebedero: Se diseñó de manera que sólo el 10% de los animales beban al mismo tiempo, proporcionando 0.50 m/animal
- Sombreadero: 2.00 m²/animal

Solución:

- Comedero: 16.50 m

- Bebedero: 1.65 m
- Sombreadero: 66.00 m

Tanto el grupo siguiente (h) como los restantes (i, j), tienen las mismas condiciones de requerimientos y cantidad de animales, por lo que le corresponden las mismas soluciones.

Grupos "h, i, j"

Requerimientos:

- Comedero: 0.70 m lineales/animal
- Bebedero: Se diseñó de manera que sólo el 10% de los animales beban al mismo tiempo, proporcionando 0.70 m/animal
- Sombreadero: 2.80 m²/animal

Solución:

- Comedero: 23.10 m
- Bebedero: 2.30 m
- Sombreadero: 92.40 m

Al igual que en las vacas en producción, se mencionan otros componentes:

- a). Puertas. Para el acceso de maquinaria, el ancho propuesto es de 3.30 m. Para el movimiento de animales el ancho propuesto es de 2.00 m.

Cercas

Las distancias entre los alambres de las cercas son

las siguientes:

- a). Para animales adultos: Se usan cuatro cables con una separación de 0.35 m entre cada uno. El primero debe ir a 0.35 m del suelo.
- b). Para animales de reemplazo (2-15 meses): Se utilizan seis cables donde el primero se coloca a 0.15 m del suelo y los demás a distancias de 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 y 0.35 m entre cada uno.

Se utilizan cables lisos dobles galvanizados tipo retenida de 5/66", tubo negro C-40 de 2" en postes, retenidas, postes de comedero y sombreadero, grapas de 3/8" para cables y tensores de 3/3" x 6".

Puertas

En la construcción de las puertas se utiliza tubo con un diámetro de 2". El ancho de las puertas es de 2.00 m para el manejo de animales y 3.30 para efectuar la limpieza.

La distancia entre los tubos horizontales es de:

- a). Animales adultos: Son cuatro tubos, el primero a 0.50 m del suelo y los demás a 0.30, m entre cada uno.
- b). Animales de reemplazo. Poseen las mismas distancias que los cables de la cerca.

En las Tablas XXIX y XXX, se muestran las estimaciones de corrales y componentes de éstos respectivamente.

Tabla XXIX. Resumen del cálculo en corrales.

Edad (meses)	Cantidad	Area m ² /animal	No. de corrales	Animales por corral	Area por corral	Dimensiones (B x m)
0 - 2	24	3.5	1	24	85	7 x 12
2 - 4	24	5	2	12	60	6 x 10
4 - 6	24	5	2	12	60	6 x 10
6 - 8	22	14	1	22	308	13.5 x 23
8 - 10	22	14	1	22	308	13.5 x 23
10 - 12	22	14	1	22	308	13.5 x 23
12 - 15	33	14	1	33	462	20 x 23
15 - 18	33	28	1	33	924	23.1 x 40
18 - 21	33	28	1	33	924	23.1 x 40
21 - 24	33	28	1	33	924	23.1 x 40
Producción	256	40	1	24	960	60.6 (30°)
			1	32	1230	70 (30°)
			5	40	1600	78.20(30°)
Secas	45	44	1	20	900	22.50 x 40
			1	25	1250	*

(*) Ver Plano No. 5.

Tabla XXX. Resumen del cálculo en componentes del corral.

Edad (meses)	Animales por corral	Comedero		Sombreaderos		Bebederos m ² /corral	Dimensión		
		Esp. (m/animal)	Lineal (m/animal)	Longitud por corral	m ² /animal			m ² /sombrero	Dimen. (m)
2 - 4	12	0.40		4.80	0.80	9.6	0.40	0.80	1.30
4 - 6	12	0.40		4.80	0.80	9.6	0.40	0.80	1.30
6 - 8	22	0.46		10.12	2.00	44	0.46	1.38	2.00
8 - 10	22	0.46		10.12	2.00	44	0.46	1.38	2.00
10 - 12	22	0.50		11.00	2.00	44	0.50	1.50	2.00
12 - 15	33	0.50		16.50	2.00	66	0.50	2.00	2.00
15 - 18	33	0.70		23.10	2.80	92.40	0.70	2.80	4.10
18 - 21	33	0.70		23.10	2.80	92.40	0.70	2.80	4.10
21 - 24	33	0.70		23.10	2.80	92.40	0.70	2.80	4.10
Producción	24	0.80		19.20	3.70	88.8	0.75	1.80	4.10
	32	0.80		25.60	3.70	118.4	0.70	2.40	4.10
	40	0.80		32.00	3.70	148	0.75	3.00	4.10
Secas	20	0.80		16.00	4.00	80	0.75	1.50	4.10
	25	0.80		20.00	4.00	100	0.75	1.90	4.10

Dispositivos de contención en comederos. Se usan pes cueceras en diagonal, construidas con tubo negro C-40 a cada 34 ó 35 cm y con una inclinación de 20°.

Los esquemas de bebederos, comederos, dispositivos de contención, puertas, cercas y sombreaderos se observan en los Planos 17 y 18.

- b). Banquetas. El ancho exterior es general para todos los corrales (4.00 m). El ancho interior (dentro de los corrales), depende de la edad, de 2-6 meses es de 1.40 m; de 6-15 meses de 1.70 m y de 15-24 meses es de 2.00 m.

Instalaciones Anexas

Maternidades

Se proporcionó una maternidad por cada 25-30 vacas de vientre con un área de 27.5 m^2 (5.00 x 5.50 m). Considerando que se trata de 45 vacas secas y 33 vacas primerizas próximas al parto, se obtuvo que las maternidades requeridas son: $(45 + 33)/25 = 3.12$; por lo tanto, las maternidades contempladas son cuatro.

Enfermerías

Se proporcionó un separo por cada 50 vacas, con un área de 25 m^2 (5.00 m x 5.00 m); estimando la cantidad de

separos en base al número de vacas adultas (256 vacas en producción, 45 vacas secas y 33 vaquillas cargadas), se realizó el siguiente cálculo: $(256 + 45 + 33)/50 = 6.68 = 7$ corrales, considerando un separo extra, como prevención de sobre capacidad se trazaron ocho corrales.

Toriles

Se previeron dos corrales para sementales con un área de 42 m^2 ($6.00 \times 7.00 \text{ m}$) de los cuales 35 m^2 están techados ($5.00 \times 7.00 \text{ m}$).

Rampas para embarque de animales

Se diseñaron rampas con las siguientes dimensiones:

- Ancho = 4.00 m
- Largo = 15.00 m
- Pendiente = 8%

Las rampas llevarán un piso de concreto $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo, con aditivo antiderrapante (carburo de silicio); el carburo de silicio se agrega a razón de 1.600 kg/m^2 : 0.800 kg/m^2 en grano grueso, mezclado en seco con la misma cantidad de cemento que finalmente recibirán otra pasada, espolvoreando sobre el piso recién terminado 0.800 kg/m^2 de carburo de silicio en grano fino.

Almacenes de alimento

Para estimar la capacidad requerida por los almace-

nes, fue necesario cuantificar el volúmen de alimento consumido por los animales durante el período de almacenamiento, para esto se buscó las raciones alimenticias promedio, de las cuales se dan a continuación un resumen en forma de Tabla.

Grupo	Cantidad de alimento kg/día		
	Concentrado	Forraje	Heno
0-1 meses	0.80	-	-
1-3 "	1.70	5.60	-
3-21 "	1.80	17.33	-
21-24 meses	3.00	18.26	1.80
Vacas adultas	6.35	36.30	4.50
Sementales	3.00	21.00	3.50

A continuación se mencionarán el número de animales por grupo y la cantidad de alimento que se calculó requieren dichos grupos:

Grupo	Cantidad	Alimento (kg/día)		
		Concentrado	Forraje	Heno
0-1 meses	12	9.60	-	-
1-3 "	24	40.80	134.40	-
3-21 "	201	361.80	3483.33	-
21-24 "	33	99.00	602.58	59.40
Vacas adultas	301	1911.35	10926.30	1354.50
Sementales	2	6.00	42.00	7.00
T o t a l		2428.55	15312.61	1420.90

Otros datos que se utilizaron en esta etapa son: el tiempo de almacenaje y el peso volumétrico de cada alimento

los cuales se dan a continuación:

Alimento	Tiempo de almacenaje	Peso volumétrico
Concentrado	15 días	550 kg/m ³
Forraje	105 "	650 "
Heno	90 "	130 "

En base a los datos anteriores, se procedió a calcular el volumen de alimento que requiere almacenamiento, dicho cálculo se resume en la tabla siguiente:

Tipo de Alimento	Req. (kg/día)	Tiempo de Alm. (días)	Cant. Alm. (kg)	Peso Volume. (kg/m ³)	Volumen Almacenado (m ³)
Concentrado	2428.55	15	36428.25	550	66.23
Forraje	15312.00	105	1607760.00	650	2473.50
Heno	1420.90	90	127881.00	130	983.70

Para determinar las dimensiones de los almacenes se dividió el volumen que necesita almacenamiento entre la altura máxima permisible, de esto se obtuvo un área a la que se le aumentó un 25% por cuestión de movimiento y manejo del alimento, el resultado total fue el área requerida, para la cual se propuso dimensiones que la satisfacen. Los pasos anteriores se resumen en la tabla siguiente.

Alimento	Vol.	Alt. perm. (m)	m ²	Area Mov. 25%	Req.	Dims. mxm
Concentrado	66.23	1.00	66.23	16.55	82.78	24x3.5
Heno	983.70	4.00	245.90	61.50	307.4	20x16

En el caso del forraje, éste se almacena en silos, para el cálculo de éstos se usó la fórmula siguiente:

$$L = 2 \text{ vol}/(\text{A.S.} + \text{A.I.}) \text{ Alt}$$

Donde:

vol = Volúmen para almacenar

A.S. = Ancho superior

A.I. = Ancho inferior

Alt. = Altura ó profundidad (silo Bunker o trinchera)

L = Largo

en esta fórmula el volúmen de forraje se conoce; el ancho superior, el ancho inferior y la altura son dimensiones propuestas (basándose en las máximas recomendaciones).

Datos usados:

$$\text{Vol.} = 2473.50$$

$$\text{A.S.} = 5.00 \text{ m}$$

$$\text{A.I.} = 4.50 \text{ m}$$

$$\text{Alt.} = 3.00 \text{ m}$$

sustituyendo:

$$\begin{aligned} L &= 2(2473.50 \text{ m}^3)/(5.00 + 4.50 \text{ m}) 3.00 \text{ m} \\ &= 4947.00 \text{ m}^3/28.50 \text{ m}^2 \\ &= 173.57 \text{ m} \end{aligned}$$

Se propuso ocho silos de 24 m de largo, lo cual da una longitud de 192.00 m, ésta es mayor que la requerida y por lo tanto, aceptable.

Estercolero

Para estimar las dimensiones requeridas por el estercolero, se usaron los siguientes datos:

- a). El volúmen diario de estiercolero asignado es de $0.043 \text{ m}^3/\text{vaca}$.
- b). El estiércol es colocado en capas de 0.075 m de altura.
- c). El tiempo de tratamiento o exposición al sol es de siete días.
- d). La limpieza en los corrales se hace cada 30 días.
- e). Para el dimensionamiento se tomó en cuenta a todas las vacas en producción (256), vacas secas (45) y animales de reemplazo (270) a los que se les considera también como adultos; dando un total de 571 animales.

En el intervalo de un mes se puede reutilizar el estercolero cuatro veces; por lo tanto, el total de vacas se dividió en cuatro grupos a fin de aprovechar el estercolero. De acuerdo a lo anterior, cada grupo quedaría compuesto por 143 vacas. El volúmen requerido sera: $143 \text{ vacas} \times 0.043 \text{ m}^3$ por vaca = 6.15 m^3 .

Como la altura recomendada es de 0.075 m, el área requerida será de 82.00 m^2 ; las dimensiones mínimas del estercolero deben ser 10.00 x 8.20 m. Recordando que el estercole

ro se calculó a su máxima capacidad y en constante uso, se propuso un área mayor (aproximadamente el doble) para permitir el manejo del estiércol y evitar problemas por sobre capacidad.

Zona de ordeña

El conjunto de la zona de ordeña está formado por la sala de ordeña, el cuarto de almacén y refrigeración de leche y el cuarto de máquinas.

La instalación a la que se debe adaptar la zona de ordeña tiene una dimensión de 20 m^2 aproximadamente (esta se ve en los Planos 2 y 3).

Estimando una sala con capacidad para seis plazas (jaulas de ordeña) y ocho a futuro, la dimensión de ésta es de 7 m de ancho por 13.65 m de largo.

Cuarto de máquinas. Se recomienda 1 m^2 por cada aparato localizando en esta área de manera que con la dimensión propuesta de 4.30 m por 5.50 m es más que suficiente para colocar el compresor, tanque y bomba de vacío y el calentador además, se ubicarán en esta región el control maestro de la corriente eléctrica.

Almacén de leche. Este tendrá una dimensión de 7.30 x 5.50 m en la cual se tendrá un tanque de enfriamiento con capacidad de 9216 lt una jarra de recibo y una bomba centrífuga y una tina de lavado.

En esta instalación se ubicarán además una oficina (4.30 x 5.50 m) para la administración de la explotación, un cuarto para vestidores y baños de los empleados (4.30 x 5.50 m) y dos almacenes de concentrado (4.30 x 13.65 m), los cuales se colocarán lateralmente a la sala de ordeña, separados de esta por el pasillo de retorno de los animales y un espacio adicional de 0.80 m. Para ver la distribución a detalle del conjunto, está se muestra en los Planos

Antes de entrar a la sala de ordeña los animales deben reunirse en un área de espera a concentración, el acceso a la sala es mediante una rampa.

Área de concentración, debe tener capacidad para el total de animales del corral más grande (40 animales) proporcionando un área de 1.50 m^3 por animal, lo cual nos da una superficie requerida de 60 m^2 . El área de espera es satisfecha mediante un corral con las siguientes dimensiones: 7.00 m de ancho por 10.00 m de largo; el área de esta (70 m^2) es mayor que la requerida (60 m^2) y por lo tanto aceptada.

Rampa de acceso, se le asignó un ancho de 7.10 m y una longitud de 15.00 m con una pendiente del 8% a ésta y demás rampas se les debe agregar un aditivo antiderrapante.

Sala de ordeña. El modelo más adecuado al tamaño de explotación (256 animales), es el Tandem, el cual se reco-

mienda para hatos de 120 a 270 vacas debido a que la producción no justifica económicamente una mayor automatización. El número de plazas se estima con la base de que cada máquina debe ordeñar ocho vacas por hora y el máximo de tiempo para la ordeña del hato completo son cuatro horas, obteniéndose como resultado el requerimiento de ocho plazas, que ordeñando ocho vacas por hora durante cuatro horas satisface las necesidades de la explotación.

Debido a que en la explotación no se cuenta aún con el total de animales, se construirán solo seis plazas, se dejará espacio para dos más a futuro.

El área propuesta es de 10.00 x 15.00 m.

Separo para inspección y manejo de animales

Se trazó un corral para inspección a la salida de la sala de ordeña, las dimensiones propuestas son de 8 x 8 m, con opción a crecer al doble.

Iluminación (area de ordeña).

Iluminación artificial

Se mencionaran las fórmulas y datos utilizados para su estimación, enseguida se mostrará el cálculo realizado para cada sección del área de ordeña.

Fórmulas:

$$L_r = L_e \times K$$

Donde:

L_r = Luz recibida (lúmenes)

L_e = Luz emitida

K = Factor de transmisión

$$K = CU \times CC$$

Donde:

CU = Coeficiente de uso (Tabla VI)

CC = Coeficiente de conservación (Tabla VII)

Para determinar el CU en tablas, se requirió el índice del local, el cual se calculó con la siguiente fórmula:

$$IL = \frac{L \times A}{Al (C + A)}$$

Donde:

IL = Índice del local

L = Longitud del local

A = Ancho del local

Al = Altura de la lámpara

Al índice del total junto con el color de la superficie de éste, determinan en la Tabla VI el coeficiente de uso. El CC depende de las condiciones de limpieza (Tabla VII).

Para encontrar las luminarias a instalar, de la fórmula:

$$L_r = L_e \times K$$

se despeja L_e , quedando: $L_e = L_r/K$

El procedimiento utilizado para encontrar K , ya se explicó anteriormente. A fin de conocer L_r , se obtuvo de la Tabla VIII los luxes (lumen/m^2) necesarios de acuerdo al uso, este dato multiplicado por el área del local determinó la cantidad de iluminación requerida. En la Tabla IX se muestran la cantidad de luz suministrada por algunas luminarias de diferente tipo y potencia, en la cual se buscó la combinación que satisficiera los requerimientos de iluminación. Las lámparas fluorescentes y las incandescentes de 100 Watios o menos pueden colocarse a cualquier altura, de acuerdo a las condiciones del local. Para las lámparas incandescentes de más de 100 Watios, se recomiendan las alturas de la Tabla X.

Distancia entre luminarias. La mínima distancia está dada por:

$$D = 1.5 \times H$$

Donde: H = Altura de la luminaria sobre el suelo o sobre la zona de trabajo si ésta última no está a nivel del suelo.

D = Distancia entre luminarias.

Cálculo

En todos los casos se consideró una condición limpia del local, con una limpieza cada uno o dos meses, con lo cual usando la Tabla VII se encontró un C.C. de 0.9.

a). Sala de ordeña

Ancho: 7.00 m

Largo: 13.45 m

Altura: 4.50 m

C. C. : 0.90

Requerimiento de lux = 150 - 200 lux o lúmenes/m²

(Tabla VIII), sustituyendo en IL

$$\begin{aligned} IL &= 7.00 \text{ m} (13.45 \text{ m}) / 4.50 \text{ m} (700 \text{ m}) = 13.46 \text{ m} \\ &= 1.02 \end{aligned}$$

el valor anterior se cierra a 1.00

En la Tabla VI, utilizando lámparas y pantallas tipo B, combinado con una superficie clara del local, obtenemos para el CU un valor de 0.49; sustituyendo en K

$$K = 0.90 \times 0.49 = 0.44$$

Lúmenes que se necesita recibir

$$\begin{aligned} L_r &= (150 \text{ lúmenes/m}^2) (7.00 \text{ m}) (13.45 \text{ m}) \\ &= 14122.50 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

Lúmenes que se requiere emitir:

$$L_e = 14122.50 \text{ lúmenes} / 0.44 = 32096$$

De la Tabla IX se escogió lámparas fluorescentes de 125 watts que suministran 8,300 lúmenes cada una. Colocando

cuatro lámparas a cada 3.50 m (al centro de la sala), dió un total de 33,200 lúmenes. Lo cual resultó mayor que lo requerido y por lo tanto, aceptable.

b). Almacén de leche

Ancho = 5.50 m

Largo = 7.30 m

Altura = 2.70 m

C. C. = 0.90

Req. lux = 150 lux ó lúmenes/m² (Tabla VIII)

sustituyendo I.L.

$$\begin{aligned} IL &= 5.50 \text{ m} (7.30 \text{ m}) / 2.70 \text{ m} (5.50 \text{ m} + 7.30 \text{ m}) \\ &= 1.16 \end{aligned}$$

Tomando, en la Tabla VI, IL aproximadamente igual a uno y utilizando lámparas y pantallas tipo B combinadas con una superficie clara del local, se encontró un C.U. de 0.49, sustituyendo en K:

$$K = 0.90 \times 0.49 = 0.44$$

Lúmenes que se necesita emitir:

$$\begin{aligned} Lr &= (150 \text{ lúmenes/m}^2) (5.50 \text{ m}) (7.30 \text{ m}) \\ &= 6022.5 \end{aligned}$$

Lúmenes que se requiere emitir:

$$Le = 6022.5 / 0.44 = 13687.5$$

Distancia entre lámparas

$$D = 1.5 \times 2.70 \text{ m} = 4.05 \text{ m}$$

De la Tabla IX se escogió luminarias fluorescentes de

125 watts que suministran 8,300 lúmenes cada una. Se estimó dos lámparas con 3.50 m entre éstas, lo cual dió un total de 16,600 lúmenes, cantidad que es aceptable ya que excede los requerimientos.

c). Oficinas

$$\text{Ancho} = 4.30 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 5.50 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 2.70 \text{ m}$$

$$\text{C. C.} = 0.90$$

$$\text{Lux Req.} = 300 \text{ luxes o lúmenes/m}^2 \text{ (Tabla VIII)}$$

Sustituyendo en I.L.

$$\begin{aligned} \text{IL} &= 4.30 \text{ m} (5.50 \text{ m}) / 2.70 \text{ m} (4.30 \text{ m} + 5.50 \text{ m}) \\ &= 0.89 \end{aligned}$$

Considerando IL a uno y utilizando lámparas y pantallas Tipo B combinados con una superficie clara del local, en la Tabla VI se encontró un C.U. con un valor de 0.49, sustituyendo en K:

$$K = 0.90 \times 0.49 = 0.44$$

Lúmenes que se necesita recibir:

$$\begin{aligned} \text{Lr} &= (200 \text{ lúmenes/m}^2) (4.30 \text{ m}) (5.50 \text{ m}) \\ &= 4763.00 \text{ lámparas} \end{aligned}$$

Lúmenes que se necesita emitir:

$$\text{Le} = 4763.00 \text{ lúmenes} / 0.44 = 10824 \text{ lúmenes}$$

Distancia entre lámparas:

$$D = 1.50 \times 2.70 \text{ m} = 4.05 \text{ m}$$

De la Tabla IX se escogió una luminaria fluorescente de 200 watts al centro del lugar, la cual proporciona de 100,000 a 12,000 lúmenes y por lo tanto es aceptable.

d). Cuarto de máquinas

$$\text{Ancho} = 4.30 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = 5.50 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 2.70 \text{ m}$$

$$\text{C. C.} = 0.90$$

Lux req. = 50 lux o lúmenes/m² (Tabla VIII), sustituyendo en I.L.

$$\begin{aligned} \text{I.L.} &= 4.30 \text{ m} (5.50 \text{ m}) / 2.70 \text{ m} (4.30 \text{ m} + 5.50 \text{ m}) \\ &= 0.89 \end{aligned}$$

Utilizando lámparas y pantallas tipo B con un local de superficie clara, en la Tabla VI a un I.L. igual a uno, le corresponde 0.49 como valor de C.U., sustituyendo en K:

$$K = 0.90 \times 0.49 = 0.44$$

Lúmenes que se necesita recibir

$$\begin{aligned} L_r &= (50 \text{ lúmenes/m}^2) (4.30 \text{ m}) (5.50 \text{ m}) \\ &= 1182.50 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

Lúmenes que se requiere emitir

$$\begin{aligned} L_e &= 1182.50 \text{ lúmenes} / 0.44 \\ &= 2687.50 \text{ lúmenes} \end{aligned}$$

Distancia entre lámparas

$$D = 1.50 \times 2.70 \text{ m} = 4.05 \text{ m}$$

De la Tabla IX se escogió una luminaria fluorescente de 40 watts al centro del lugar, la cual proporciona 2,700 lúmenes, suministro mayor a lo requerido y por lo tanto aceptable.

e). Vestidores

Ancho = 4.30 m

Largo = 5.50 m

Altura = 2.70 m

C. C. = 0.90

Lux req. = 50 lux o lúmenes/m² (Tabla VIII).

Debido a que tiene las mismas condiciones y requerimientos que en el cuarto de calderas, tendrá la misma solución: utilizar una luminaria de 40 watts, la cual proporciona 2,700 lúmenes y que es colocada al centro del lugar.

f). Pasillos

Se propuso utilizar luminarias incandescentes de 40 ó 60 watts, las cuales proporcionan de 430 a 810 lúmenes cada uno. Serán colocadas cuatro lámparas por pasillo de tal manera que en los pasillos para movimientos de animales tengan 3.50 m entre luminarias y en el pasillo transversal estarán a cada 5.00 m.

Iluminación natural

La sala de ordeña comprende una área de 156.02 m², a la cual le corresponde 10.40 m² de ventanas (1/15 de super-

XXXI. Resumen en el cálculo de iluminación para la sala de ordeño.

Area	Ancho	Largo	Altura	Req. de Lux	I.L.	C.U.	K	Lr	Le	Cant.	Lámparas Watts Lúmenes
Sala de ordeño	7.00	13.45	4.50	150	1.02	0.49	0.44	14122.5	32096	4	125 8,300
Almacén de leche	5.50	7.30	2.70	150	1.16	0.49	0.44	60225	1368.75	2	125 8,300
Oficinas	4.30	5.50	2.70	300	0.89	0.49	0.44	4763	10824	1	200 10,000
Cuarto de máquinas	4.30	5.50	2.70	50	0.89	0.49	0.44	1182.50	2687.50	1	40 2,700
Vestidores	4.30	5.50	2.70	50	0.89	0.49	0.44	1182.50	2687.50	1	40 2,700

(*) C.C. = 0.90 (Condición Limpia del local).

ficie de la sala). Utilizando el espacio existente entre los tejados de la actual construcción; quedaría una ventana con altura de 1.00 m, tomando 8.00 m en cada lado de la construcción para ventanales; no proporcionará una área de 16 m^2 , la cual es mayor que la requerida, y por lo tanto aceptable.

Diseño de los elementos constructivos

Piso de las plataformas de ordeña

Información y datos. La construcción de la plataforma (sostén de las plazas de ordeña) se diseñó a base de un sistema de vigas y trabes, con losas macizas en una dirección; se calculó la losa de un claro interior, cuya longitud libre propuesta es de 3.20 m, de acuerdo con la siguiente información: carga viva, la cual está compuesta por el peso de las jaulas de ordeña y el peso de las vacas, 550 kg/m^2 (para determinar este peso, se tomó en cuenta el peso de las vacas adultas y el del tubo que componen las jaulas dividido entre los metros cuadrados que éstos ocupan).

El espesor mínimo de la losa es $1/35$ del claro (para losas con extremos continuos, Tabla XVIII).

Especificaciones del diseño:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$f_s = 1690 \text{ kg/cm}^2$, para varillas corrugadas con una resistencia de cedencia de 4200 kg/cm^2 o mayor y en tamaños del #11 y menores (Tabla XIII).

$f_c = 94.5$; esfuerzo permisible en el concreto en la fibra externa ($0.45 f'_c$, Tabla XVI).

$u_c =$ Limitado a 4.2 kg/cm^2 , (Tabla XVI)

$u =$ Limitado a 19.3 kg/cm^2 , (Tabla XVI)

$u'' =$ Limitado a los valores de la Tabla XVII

$n = 9$; módulo de elasticidad (Tabla XII).

Para un concreto con una resistencia a la compresión (f'_c) de 210 kg/cm^2 se dan los siguientes coeficientes: $R=15.94$; $K = 0.385$; $j= 0.872$ y $p = 0.0130$ (Tabla XII).

Cálculo:

Primer paso. Determinación de la carga de diseño

Carga viva = 550 kg/m^2

Acabado de piso = 50 kg/m^2

Carga muerta. De los datos el espesor mínimo para el claro de 3.65 m es:

- Utilizando el criterio de $1/35$ se obtuvo lo siguiente: $(3.20 \text{ m} \times 100 \text{ cm/m}) / 35 = 9.14 \text{ cm}$

- Estimando que el espesor es de 3 cm por cada metro de claro, $3 \text{ cm/m} \times 3.20 \text{ m} = 9.6 \text{ cm}$, se propuso un peralte de 10 cm para estimar el peso de la losa, ya que los valores anteriores son muy aproximados a éste. Considerando el peso del concreto armado como $2,400 \text{ kg/m}^3$, se encontró que al piso le corresponde: $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.10 \text{ m (espesor)} = 240 \text{ kg/m}^2$.

La carga del diseño resultó ser: $550 + 50 + 240 = 840 \text{ kg/m}^2$ y como la faja imaginaria que se tomó en consideración

para el diseño (b) fue un metro de ancho por 3.20 m de longitud, la carga total uniformemente distribuida tiene un valor de:

$$W = 840 \text{ kg/m} \times 3.20 \text{ m} = 2,688 \text{ kg}$$

Segundo paso. Cortante máximo. El cortante vertical máximo se calculó de la siguiente forma:

$$V = 1/2 \times 2,688 \text{ kg} = 1,344 \text{ kg}$$

Tercer paso. Momento flexionante máximo. Como la franja de losa imaginaria se estudió como una viga simple sin restricción en sus apoyos y con carga uniforme; tiene un momento positivo máximo igual a:

$$M = \frac{WL}{8} \times 100 = \frac{2,688 \times 3.2}{8} \times 100$$

$$M = 107,520 \text{ kg/cm}$$

Cuarto paso. Peralte de la losa. El peralte efectivo de la losa se encuentra por medio de la fórmula:

$$d = \left(\frac{M}{R_b} \right)^{1/2}$$

entonces:

$$d = \left(\frac{107,520}{15.94 \times 100} \right)^{1/2} = 8.2 \text{ cm}$$

se estimó un espesor efectivo de 8.2 cm; por lo tanto, si se construye una losa de 10 cm tendremos 1.8 cm de recubrimiento. Por consiguiente, el espesor calculado en el primer paso

es suficiente.

Area del refuerzo de tensión. Se encontró mediante la siguiente fórmula:

$$A_s = \frac{M}{f_s j d}$$

Por lo tanto:

$$A_s = \frac{107,520}{1690 \times 0.872 \times 8.5} = 8.58 \text{ cm}^2$$

Se seleccionó provisionalmente varillas #6 (3/4") separadas a cada 33 cm, más adelante se determinará si estas varillas son aceptables por adherencia.

Esfuerzo cortante unitario (u). La magnitud del cortante vertical V es mayor en la cara del apoyo que a una distancia d de ésta, por lo que utilizando este valor para el cálculo de u , se obtiene un esfuerzo unitario mayor que para cualquier otro punto a lo largo de la viga; por lo tanto, si se encuentra que u es menor que u_c , la losa es adecuada por cortante, sin importar la sección en que se tome V . Se considera el valor máximo de $V = 1.344 \text{ kg}$

$$u = \frac{V}{bd}$$

$$u = \frac{1344}{100 \times 8.2} = 1.644 \text{ kg/cm}^2$$

Debido a que el cortante u (1.64 kg/cm^2) es menor que el cortante permisible u_c (4.2 kg/cm^2), no se requiere refuerzo en el alma.

Esfuerzo de adherencia. Se conoce que una varilla #6 posee un perímetro de 6 cm (Tabla XIV) y como la separación es de 33 cm, la cantidad de varillas por cada metro de losa resultó de: $100/33 = 3.03$ varillas. La suma de perímetro en dicha faja es aproximadamente $6.00 \times 3 = 18.00$ cm (E_o); para obtener el esfuerzo por adherencia se utilizó la fórmula

$$u'' = \frac{V}{E_o j d}$$

Por consiguiente:

$$u'' = \frac{1344}{18.00 \times 0.872 \times 8.2} = 10.44$$

El esfuerzo permisible para una varilla del lecho anterior #5 es de 29.6 kg/cm^2 (Tabla XVII), valor mayor que el esfuerzo real, por lo tanto, acepto el diámetro y la separación de las varillas mencionadas.

Dobleces y traslapes. En la losa si no se utilizan varillas rectas, una de cada dos varillas debe doblarse en los quintos del claro, prolongándose por encima de los apoyos; el resto de las varillas quedarán rectas en la parte interior de la losa prolongándose 15 cm dentro de los apoyos.

Viga

Se trata de una viga continua que cuenta con claros interiores de 4.55 m, la cual tiene carga uniformemente

distribuida de 1344 kg/m, Se diseñó de acuerdo con la siguiente información:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 9 \text{ (Tabla XII)}$$

$$f_s = 1690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabla XII)}$$

$$f_v = 1690 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 94.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabla XVI)}$$

$$u_c = \text{Limitado a } 4.2 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabla XVI)}$$

$$u = \text{Limitado a } 19 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tabla XVI)}$$

$$u'' = \text{Esfuerzos por adherencia limitados a los valores de la Tabla XVII.}$$

Las condiciones de apoyo son totalmente continuas. Para calcular el peso aproximado de la viga se tomó 8.2 cm de peralte por cada metro de calzo; por lo que teniendo claros de 4.55 m el peralte, total estimado de la viga, son 38 cm. Deduciendo 6 cm, por el recubrimiento, los estribos y la mitad del refuerzo longitudinal, quedará un peralte efectivo de 32 cm. Se propuso además que b es igual a 20 cm. La sección transversal estimada tiene un área de $(0.20 \times 0.38) \text{ m}^2$ y como la viga tiene una longitud de 4.55 m y pesa $2,400 \text{ kg/m}^2$, el peso propio total, estimado es de 830 kg. La carga total uniformemente distribuida es la suma de la carga actuante ($1344 \text{ kg/m} \times 4.55 \text{ m}$) y el peso propio (830 kg) cuyo valor es de 6945.00 kg. Cada una de las reacciones y por lo tanto, el cortante vertical máximo, son iguales a la mitad de la carga total; entonces:

$$V = R_1 = R_2 = 6945,00/2 = 3472,00 \text{ kg}$$

El claro considerado es un claro interior de una viga continua; por lo tanto, el momento positivo es el centro del claro como el momento negativo sobre los apoyos son iguales a $WL/2$. Sustituyendo los valores conocidos en la fórmula anterior, se encontró el momento flexionante máximo.

$$M = (6945,00 \times 4,55 \times 100)/2 = 263331,00$$

El 100 que aparece en el numerador de esta expresión convierte el momento flexionante a kg/cm. De acuerdo a los esfuerzos permisibles se tienen los siguientes coeficientes, $R = 15.94$ y $j = 0.872$ (Tabla XII). Para conocer el verdadero peralte efectivo se usó la siguiente fórmula:

$$d = \left(\frac{M}{Rj} \right)^{1/2}, \text{ quedando}$$

$$d = \left(\frac{263331,00}{(15,94)(0,872)} \right)^{1/2} = 28,74 = 29 \text{ cm}$$

Se agregó 6 cm más para compensar el espesor de las varillas de refuerzo y el recubrimiento de la viga, quedando el peralte total como 36 cm. Puede notarse que el peralte supuesto al principio del cálculo es un poco mayor que el peralte requerido por lo tanto, el peso propio calculado es aceptable. Mediante la fórmula: $A_s = M/fsjd$ se encontró el área total requerida del refuerzo principal de tensión en el centro del claro y también sobre los apoyos.

$$A_s = 263331(1690 \times 0.872 \times 29) = 6.16 \text{ cm}^2$$

Consultando la Tabla XIV, se estimó que dos varillas #7 tienen un área transversal de 7.74 cm^2 y, por lo tanto, son aceptables; además en la Tabla XV se indica que pueden colocarse tres varillas #6 en la viga de 20 cm de ancho. El peso total estimado sobre la viga es 6945 kg y debido a que la viga tiene una longitud de 4.55 m, el peso por metro lineal resultó ser:

$$W = 6945/4.55 = 1526.00 \text{ kg/m}$$

por consiguiente, el valor de V o sea el cortante vertical a una distancia d de la cara de apoyo, es:

$$V = 3472 - (29/100 \times 11526) = 3030.00 \text{ kg}$$

Fórmula para el esfuerzo cortante:

$$u = \frac{V}{bd}$$

Sustituyendo

$$u = \frac{3030.00}{20 \times 29} = 5.22 \text{ kg/cm}^2$$

es el esfuerzo cortante unitario real; por lo tanto:

$u' = u - u_c$ ($u' = 5.22 - 4.20 = 1.02 \text{ kg/cm}^2$) es el esfuerzo cortante unitario que debe resistirse por medio de estribos. La longitud de la viga en donde debe colocarse los estribos a partir de los apoyos, está dada por la expresión $d+a+d$; donde a es:

$$a = (L/2 - d) (u'/u)$$

o sea:

$$a = (455/5 - 29) (1.02/5.22) = 38.20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{por lo tanto } d + a + d &= 29 + 38.20 + 29 \\ &= 96.2 \end{aligned}$$

El espaciamiento entre estribos se encontró mediante la fórmula:

$$s = \frac{A_u f_u}{u' b}$$

Donde A_u es igual al doble del área transversal del estribo (0.32 cm^2), tomándose además f_u como 1400 kg/cm^2 , sustituyendo:

$$s = \frac{0.64 \times 1400}{1.0 \times 20} = 44.8 \text{ cm}$$

sin embargo, el espaciamiento máximo permisible es $14.5 (s_p = d/2)$, cerrándolo a 15 cm ,

$$\frac{A_u}{0.0015 \times 10} = \frac{0.75}{0.0015 \times 20} = 25 \text{ cm}$$

Se tomó el valor de 15 cm como el espaciamiento entre estribos, ya que éste es el menor aceptable. El primer estribo se coloca a una distancia de $s_p/2$ o sea a 7.5 cm de la cara de apoyo y los restantes a cada 15 cm hasta completar la distancia de 96.2 cm . Esto tuvo como resultado un total de siete estribos en cada extremo de la viga.

Para la revisión de esfuerzos de adherencia se usó la

fórmula:

$$u'' = V/Eo\bar{d}$$

donde el perímetro de la varilla principal es de 6 cm (Tabla XIV) por lo tanto: $Eo = 3 \times 6 = 18 \text{ cm}$

Entonces:

$$\begin{aligned} u'' &= 3472 / (14) (0.872) (29) \\ &= 7.63 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

como el esfuerzo permisible por adherencia es de 17.4 kg/cm^2 y el valor obtenido de 7.63 kg/cm^2 no excede dicha magnitud (Tabla VII), las varillas estudiadas son aceptables por adherencia. Una de las varillas principales se doblará hacia arriba a una distancia de un quinto del claro a partir de los apoyos o sea a 91 cm. Las varillas dobladas se prolongarán sobre los apoyos, hasta las cuartas partes de los claros adyacentes y las varillas rectas se prolongarán hasta los centros de los apoyos.

Columnas

La carga que deberá soportar la columna está compuesta por el peso que transmite la viga (6945 kg); debido a que debajo de la viga se deberá colocar block y una dala de soporte para formar la pared de la fosa de operadores; se agregó 800 kg más, también se tomó en cuenta el peso propio considerando una sección transversal de 0.20 m por lado y una longitud total de 2.30 m (0.80 m sobre el nivel del suelo y 1.50 m

bajo el nivel del suelo, lo cual dió un valor de 220 kg considerando que el concreto pesa 2400 kg/m^3 . En suma, la carga para la cual se diseñó, tiene un valor de 7985 kg; como ya se mencionó, la sección transversal tiene una dimensión de 20 cm por lado y la longitud es de 2.50 m.

El grado de esbeltez es la relación entre la longitud y la menor dimensión; por lo tanto:

$$h/d = 2.50 \text{ m} / 0.20 \text{ m} = 12.5$$

ya que el valor está en el rango de 10 a 40 se trató de una columna larga y se diseñó como tal, mediante el método mencionado en la Revisión de Literatura. La fórmula que se utilizó:

$$P' = P(1.3 - 0.30 h/d)$$

Donde:

P' = Capacidad de carga de la columna larga

h/d = Esbeltez

P = Capacidad de carga de la columna corta

$$0.18 f'c Ag = 0.8 Asfs$$

$f'c$ = fatiga de ruptura del concreto (Tabla XII)

Ag = Area total de la sección de la columna

As = Area de la sección transversal del refuerzo (Tabla XIV)

Fe = Fatiga de trabajo del refuerzo (Tabla XII).

Se consideró un concreto cuya fatiga de ruptura es de 210 kg/cm^2 , del área transversal de la columna es de

400 cm²; estimando como refuerzo longitudinal cuatro varillas de 1/2" de diámetro, el área transversal del refuerzo son 5.08 cm²; la fatiga de trabajo del refuerzo se estimó en 1690 kg/cm², sustituyendo en P

$$\begin{aligned}
 P &= 0.18 (210 \text{ kg/cm}^2) (400 \text{ cm}^2) + 0.8 (5.08 \text{ cm}^2) \\
 &\quad (1690 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 15120 \text{ kg} + 7254 \\
 &= 22,374 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

sustituyendo en P'

$$\begin{aligned}
 P' &= 22,374 \text{ kg} (1.3 - 0.03 (11.5)) \\
 &= 22,374 \text{ kg} (0.955) \\
 &= 21,367 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

La carga que puede soportar esta columna resultó muy por encima de la carga actuante (21,367 es mayor que 7965 kg). Suponiendo una resistencia de 140 kg/cm² del concreto, el valor del peso que podría soportar son 16,185 kg; por lo tanto, es aceptable construir las columnas con una resistencia del concreto de 140 kg/cm² a la ruptura. En el diseño de las columnas que soportan la fachada de la sala de ordeña, se utilizó el mismo procedimiento, aunque se varió en algunos datos de diseño.

Zapatas de cimentación

El peso que recibe de la columna son 7965 kg; se agregó la fuerza que ejerce el suelo de relleno, conociendo que el suelo arcilloso posee un volumen volumétrico de 1300 kg/m³

se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pr = V. \times P.V.$$

Donde:

Pr = Peso del relleno

V = Volumen del relleno

PV = Peso volumétrico del suelo

Como debajo del nivel del suelo se hace un pozo de 1 m^2 con una profundidad de 1.50 m y por encima del nivel el relleno solo afecta una parte que se encuentra debajo de las plazas (1.20 m de alto), se determinó el peso por se-
parado.

Relleno inferior:

$$\begin{aligned} Pr &= (1.00 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}) (1300 \text{ kg/m}^3) / 2 \\ &= 1950 \text{ kg} \end{aligned}$$

Relleno superior

Como el área de influencia es la mitad del relleno inferior se dividió entre dos

$$\begin{aligned} Pr &= (1.00 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 1.20 \text{ m}) (1300 \text{ kg/m}^3) / 2 \\ &= 780 \text{ kg} \end{aligned}$$

Debido a que en la parte superior el suelo que está alrededor también es relleno, tiene efecto sobre la zapata por lo que se aumentó un 50%.

El peso total del relleno es de 3120 kg, la carga actuante es de 11,085 kg; esta más el peso propio de la zapata

el cual se estimó como 7% del dato anterior, dan por resultado 11,861 kg, el valor que es usado para calcular en la zapata el área de sustentación. La presión admisible por el suelo arcilloso según la Tabla XXI es de 1 kg/cm^2 ; dividiendo la carga de diseño entre la presión admisible, se estimó el área necesaria para la zapata.

$$11,861 \text{ kg} / (1 \text{ kg/cm}^2) = 11,861 \text{ cm}^2$$

Pensando en zapatas cuadradas, se dedujo la raíz cuadrada del área, esto para conocer la dimensión lateral.

$$(11,861)^{1/2} = 108.9$$

este valor es aproximadamente 109 cm, aumentándose 5 cm por seguridad se obtuvieron zapatas cuadradas de 1.14 m

Especificaciones de diseño:

$$f'c' = 210. \text{ kg/cm}^2$$

$$f's = 1690 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc = 95 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Tablas XII y XVI)}$$

$$u, u' = \text{Esfuerzo cortante permisible (Tabla XVI),} \\ 4.2 \text{ kg/cm} \text{ (a una distancia } d\text{); } 7.7 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{(cortante perimetral)}$$

$$u'' = \text{Esfuerzos por adherencia permitidos (Tabla} \\ \text{XVII)}$$

$$h = 9 \text{ (Tabla XII)}$$

$$R = 15.94 \text{ (Tabla XII)}$$

$$j = 0.872 \text{ (Tabla XII)}$$

$$b = 11.4$$

La carga de diseño (W), es el esfuerzo real del terreno y se estimó dividiendo la carga actuante (11,035 kg) entre el área de sustentación (12,996 cm²); dicho valor es de 8530 kg/cm². El momento flexionante se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$M = 50 wlc^2$$

Donde:

M = momento flexionante (kg/cm²)

w = Esfuerzo real del terreno (kg/cm²)

l = dimensión lateral de la zapata (m)

c = $(l-a)/2$

a = dimensión lateral de la columna (m)

sustituyendo en c

$$\begin{aligned} c &= (1.14 \text{ m} - 0.20 \text{ m})/2 \\ &= 0.47 \text{ m} \end{aligned}$$

sustituyendo en M

$$\begin{aligned} M &= 50 (8530 \text{ kg/m}^2) (1.14 \text{ m}) (0.47 \text{ m})^2 \\ &= 107404 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Para el cálculo del peralte mínimo necesario se usó la fórmula siguiente:

$$d = (M/Rb)^{1/2}$$

Donde:

d = peralte mínimo

M = momento flexionante (kg/cm²)

R = 15.94

$$b = 114$$

sustituyendo en d

$$d = (107,404 / (15.94) (114))^{1/2}$$

$$= 7.7 \text{ cm}$$

debido a que el peralte mínimo necesario es pequeño se aumentaron arbitrariamente a 15 cm.

De acuerdo con la Revisión de Literatura, se revisó el cortante en dos puntos: primero calculamos su valor a una distancia de de la cara de la columna mediante la fórmula:

$$u = V/bd'$$

donde:

u = esfuerzo cortante

V = en este caso es igual a $(c-d)lw$

b = dimensión lateral de la zapata (cm)

d = peralte de la zapata (m)

c = 0.47 m, valor obtenido anteriormente

w = esfuerzo real del terreno

l = dimensión lateral de la zapata (m)

d' = peralte de la zapata (cm)

sustituyendo en V

$$V = (0.47 \text{ m} - 0.15 \text{ m}) (1.14 \text{ m}) (8.530 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 3,112 \text{ kg}$$

sustituyendo en u

$$u = 3,112 \text{ kg}/(114 \text{ cm}) (15 \text{ cm}) \\ = 1,82 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Este esfuerzo es menor que el permisible (4.2 kg/cm² Tabla XVI) por lo tanto, el peralte propuesto resultó aceptable en esta revisión. La segunda revisión por cortante se hizo en una sección situada a una distancia $d/2$ por fuera del perímetro de las caras de la columna, para esto se utiliza la fórmula:

$$u' = V/bod$$

Donde:

u' = esfuerzo cortante actuante

$$V = (l^2 - c^2)w$$

l = dimensión lateral de la zapata (m).

$$bo = 4e \text{ (cm)}$$

$$e = d + a \text{ (m)}$$

a = dimensión lateral de la columna (cm)

w = carga de diseño kg/cm²

d = peralte de la zapata (cm)

sustituyendo en cada paso

$$e = (15 \text{ cm} + 20 \text{ cm}) \\ = 35 \text{ cm}$$

$$bo = 4(35\text{cm}) \\ = 140 \text{ cm}$$

$$V = ((1.14)^2 - (0.35)^2) 8530 \text{ kg}/\text{m}^2 \\ = 10,041 \text{ kg}$$

$$u' = 1004 \text{ kg}/(140 \text{ cm})(15) \\ = 4.87 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Este esfuerzo resultó aceptable, ya que no excede el permisible de $7.7 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (Tabla XVI).

Refuerzo por tensión. Se calculó por medio de la fórmula:

$$A_s = M/f_s j d$$

Donde:

A_s = área de acero requerida (cm²)

f_s = esfuerzo máximo permisible (kg/cm²)

j = 0.872

d = peralte de la zapata (cm)

M = momento flexionante (kg/cm²)

sustituyendo:

$$A_s = 10,7400 \text{ kg}/\text{cm}^2 / (1690 \text{ kg}/\text{cm}^2)(0.872)(15 \text{ cm}) \\ = 490 \text{ cm}^2$$

Se requiere como mínimo cuatro varillas #4 (1/2") en ambas direcciones, lo cual dió un área de 6.08 cm^2 (Tabla XI).

Esfuerzo por adherencia. Para encontrar este valor se usó la siguiente fórmula:

$$u'' = V/E_o j d$$

Donde:

u'' = esfuerzo por adherencia (kg/cm²)

E_o = suma de perímetro, de las varillas de refuerzo usadas en un solo sentido (cm)

$$j = 0.872$$

d = peralte de la zapata (cm)

V = wc_1 ; carga cortante (kg)

$$c = 0.47 \text{ m}$$

l = dimensión lateral de la zapata (m)

Sustituyendo en V :

$$\begin{aligned} V &= (8,530 \text{ kg/m}^2) (0.47 \text{ m}) (1.14 \text{ m}) \\ &= 4570 \text{ kg} \end{aligned}$$

sustituyendo en u :

Usando cuatro varillas #4 dió una sumatoria de perímetro de 16 cm (Tabla XIV) por lo tanto:

$$\begin{aligned} u'' &= 4,570 \text{ kg} / (20 \text{ cm}) (0.872) (15 \text{ cm}) \\ &= 21.83 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Este valor de esfuerzo resultó mayor que 21.1 kg/cm^2 el cual es el máximo permisible (Tabla XVII), por lo que se aumentó la cantidad de varillas a cinco, quedando la sumatoria de perímetros como 20 cm:

$$\begin{aligned} u'' &= 4570 \text{ kg} / (20 \text{ cm}) (0.872) (15 \text{ cm}) \\ &= 17.47 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Este valor es menor que el permisible, por esta razón se aceptó, aunque para mayor seguridad se aumentaron una varilla. Resumiendo el esfuerzo consistirá de dos juegos de varillas corrugadas #4 colocadas en ángulo recto uno con res-

pecto al otro, cada juego consta de seis varillas, el peralte efectivo de la zapata será de 15 cm y se agregará un recubrimiento de 5 cm para protección del refuerzo, lo cual nos dió un peralte total de 20 cm.

Columna de fachada

Se calculó en dos fases: una de la columna que se encuentra sobre las plazas y otra, la columna que está debajo.

Columna sobre las plazas. La carga actuante está dada por la presión del viento, el peso de la estructura, muro y el propio; el viento ejerce una carga horizontal y otra normal. En la Tabla XIX, para una velocidad del viento de 100 km/h (según el manual de meteorología, un huracán se relaciona con una velocidad mayor a 104 km/h) le corresponde una presión horizontal de 75.00 kg/m^2 . La estructura del tejado tiene un ángulo de 13° ; en la Tabla XX, con una presión de 75.00 kg/m^2 (tomando el ángulo de 15°), el peso de la estructura se consideró como 50 kg/m^2 . La suma de los datos anteriores es la carga por metro cuadrado de tejado, lo cual tiene un valor de 134.10 kg/m^2 ; el área de influencia es de 8.00 m^2 ; por lo tanto, la presión ejercida por la estructura es de 1073.00 kg (columna más castigada).

El peso del muro se calculó multiplicando el área techada que influye en la columna más crítica por el peso volumétrico del muro; el área del muro se estimó sin considerar puertas, este valor resultó ser de 13.60 m^2 , multipli-

cando el área por 240 kg/m^2 (peso del muro) se obtuvo el peso del muro;

$$13.60 \text{ m}^2 \times 240 \text{ kg/m}^2 = 3264 \text{ kg}$$

El peso propio se encontró multiplicando el volumen de la columna por 2400 kg/m^3 (peso del concreto armado). Las dimensiones propuesta son 0.20 m por lado y una longitud de 4.35 m ; lo cual nos dió un peso propio de 418 kg . Sumando los pesos, se calculó la carga de diseño, la cual tiene un valor de 4755 kg .

Grado de esbeltez:

$$h/d = 4.35 \text{ m} / 0.20 \text{ m} = 21.75$$

como la esbeltez es menor que 40 se usará la fórmula:

$$P' = P(1.3 - 0.03 h/d)$$

Donde:

P' = capacidad de carga

h/d = esbeltez

$P = 0.18f'cA_g + 0.8A_s f_s$

$f'c$ = fatiga de ruptura del concreto (Tabla X)

A_g = area total de la sección de la columna

A_s = área de la sección transversal del refuerzo
(Tabla XI)

f_s = fatiga de trabajo del refuerzo (Tabla XIII)

Consideraciones

Se utilizó un concreto cuya fatiga de ruptura sea de 210 kg/cm^2 (Tabla XII); el área transversal de la columna

son 400 cm^2 , el refuerzo longitudinal consta de cuatro varillas con un diámetro de $1/2''$, el área transversal del refuerzo se estimó en 5.08 cm^2 (Tabla XIV), la fatiga de trabajo del refuerzo se estimó en 1690 kg/cm^2 (Tabla XIII).

sustituyendo en P

$$\begin{aligned} P &= 0.18(210 \text{ kg/cm}^2)(400 \text{ cm}^2) + 0.8(5.08 \text{ cm}^2) \\ &\quad (1690 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 21988 \text{ kg} \end{aligned}$$

sustituyendo en P'

$$\begin{aligned} P' &= 21988 (1.3 - 0.03(21.75)) \\ &= 14237 \text{ kg} \end{aligned}$$

La carga que puede soportar la columna resultó mayor que la actuante, por lo cual es aceptada.

Columna sosten de las plazas. Se encuentra de tal manera que es afectada por la carga que transmite la columna superior (4755 kg) y por la carga de las plazas. Como la columna es de fachada solo se ve afectada por la mitad del peso que reciben las otras por parte de las plazas (3983 kg). De lo anterior, se dedujo que la carga de diseño tiene un valor de 8738 kg. Recordando el cálculo de las columnas normales que sostienen las plazas, el peso máximo que pueden soportar es de 20.998 kg; el cual es mayor que la carga de diseño para este caso.

Basándonos en el comentario anterior, se propuso un diseño uniforme en cuanto a las columnas que sostienen las plazas sean o no fachada, con las siguientes características: columnas de 0.20 m de lado, cuya longitud sea de 2.30 m, con un refuerzo longitudinal de cuatro varillas #4; el f'_c y f'_s deben tener valores de 210 kg/cm^2 y 1690 kg/cm^2 respectivamente.

Zapata de fachada

La carga actuante está compuesta por el peso que recibe de la columna (8738 kg), el peso del relleno (se tomó igual que las demás zapatas, 3120 kg) y por el peso propio (7% de la carga total), lo que nos da un valor de 12,688 kg. En la Tabla XXI se encontró que la presión admisible en un suelo arcilloso es de 1 kg/cm^2 , por lo que el área de sustentación debe ser $12,688 \text{ cm}^2$, deduciendo la raíz cuadrada se obtuvo la dimensión lateral de una zapata cuadrada, el valor es de 114 cm, para mayor seguridad se aumentó a 124 cm. Se usó las mismas especificaciones y procedimiento que en el diseño anterior; por lo cual solo se mencionarán los valores obtenidos, sin mostrar el total del cálculo:

Momento flexionante (M)

$$l = 1.24 \text{ m}$$

$$a = 0.20 \text{ m}$$

$$c = 0.52$$

$$w = 11676 \text{ kg/m}^2$$

$$M = 195746 \text{ kg/cm}$$

Peralte (d)

$$R = 15.94$$

$$b = 124 \text{ cm}$$

$$M = 21271 \text{ kg/cm}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

Se aumentó el peralte efectivo a 15 cm

Revisión del esfuerzo cortante (u). Cortante a una distancia d:

Carga cortante V

$$c = 0.52 \text{ m}$$

$$d = 0.15 \text{ m}$$

$$l = 1.24 \text{ m}$$

$$w = 11676 \text{ kg/m}^2$$

$$V = 5357 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante u

$$V = 5357 \text{ kg}$$

$$d' = 15 \text{ cm}$$

$$b = 124 \text{ cm}$$

$$u = 2.88 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor es menor que 4.2 kg/cm^2 , esfuerzo permisible (Tabla XVI), por lo cual se aceptó.

Cortante a una distancia d/2:

Carga cortante V

$$d = 20 \text{ cm}$$

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$e = 35 \text{ cm}$$

$$l = 1.24 \text{ m}$$

$$w = 8251 \text{ kg/m}^2$$

$$V = 11676 \text{ kg.}$$

Esfuerzo cortante u'

$$V = 11676 \text{ kg}$$

$$b_o = 140 \text{ cm}$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$u' = 5.56$$

Este valor es menor que 7.7 kg/cm^2 , esfuerzo permisible (Tabla XVI), por lo cual se aceptó puesto que pasa los dos tipos de revisión, las dimensiones propuestas para la zapata son aceptables, se procedió a calcular el refuerzo por tensión.

Refuerzo por tensión:

Area de acero requerida (A_s):

$$f_s = 1690 \text{ kg/cm}^2$$

$$j = 0.872$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$M = 194756 \text{ kg/cm}$$

$$A_s = 8.85 \text{ cm}^2$$

Se propuso siete varillas #4 (1/2") en ambas direcciones.

Revisión del esfuerzo por adherencia (u''):

Carga cortante (V).

$$l = 1.24 \text{ m}$$

$$c = 0.52 \text{ m}$$

$$w = 11676 \text{ kg/m}^2$$

$$V = 7259 \text{ kg}$$

Esfuerzo por adherencia (u'')

$$V = 7529 \text{ kg}$$

$$j = 0.872$$

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$E_o = 28 \text{ cm}$$

$$u'' = 20.55 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor resultó menor que 21.1 kg/cm^2 , esfuerzo máximo permisible (Tabla XVII) por lo tanto es aceptable.

Resumiendo, las zapatas serán cuadradas con una dimensión lateral de 1.24 m y un peralte efectivo de 15 cm (se le añadirán 5 cm de recubrimiento, quedando el peralte total de 20 cm), el refuerzo consistirá de dos juegos de varillas #4 (1/2").

Cimentación corrida

Los cuartos de oficina y almacén de leche, así como los de calderas y vestidores, requieren cimentación corrida ya que existen columnas que sostienen la estructura metálica, lo cual impide el uso de zapatas. La cimentación se diseñó para un metro de longitud, aplicándose las características de este al resto de dicha cimentación; debido a que los cuartos se encuentran debajo de una estructura metálica solamente requiere un cielo falso; para cuestión del cálculo de cimentación, éste se estimó sosteniendo una losa de 15 cm de espesor.

Peso de losa. El espesor de la losa (supuesto) es de

5.50 m, considerando que sólo la mitad afecta la cimentación en estudio (2.75 m) y tomando el peso del concreto como 2400 kg/m^3 ; se conoció la carga producida:

Analizando un metro de la longitud:

$$\begin{aligned} &= 400 \text{ kg/m}^3 \times 0.15 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} \times 2.75 \\ &= 990 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga viva. En caso de colocar losa de concreto se previó un valor de 450 kg/m^2 como carga viva, tomando un metro de longitud y la mitad de la losa como área de influencia se obtuvo la carga producida.

$$\begin{aligned} &= 450 \text{ kg/m}^2 \times 1.00 \text{ m} \times 2.75 \text{ m} \\ &= 1237.50 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso del muro. Se tomó una altura igual a la máxima de la construcción (5.50 m) y conociendo que el block de concreto (hueco) pesa 240 kg/m^2 , se obtuvo la carga para un metro de ancho.

$$\begin{aligned} &240 \text{ kg/m}^2 \times 1.00 \text{ m} \times 5.50 \text{ m} \\ &= 1,320 \text{ kg} \end{aligned}$$

sumando los valores anteriores, se conoció la carga total (3547.50 kg); a la cual se le agregó el 10% debido al peso propio del cimiento (355 kg), quedando la carga de diseño con un valor de 3903 kg.

Considerando la resistencia del suelo como 1 kg/cm^2

(Tabla XXI) y un muro con espesor de 20 cm, se procedió a seguir el cálculo siguiente:

Ancho del cimiento (b):

$$b = P / (r \times 100)$$

donde:

b = ancho del cimiento

P = carga del diseño

r = resistencia del suelo (kg/cm^2)

100 = constante (cm)

sustituyendo:

$$\begin{aligned} b &= 3903 \text{ kg} / (1 \text{ kg}/\text{cm}^2 \times 100 \text{ cm}) \\ &= 39.03 \text{ cm} \end{aligned}$$

cerrándose a 40 cm.

Profundidad del cimiento (h):

$$h = b - e$$

donde:

h = profundidad del cimiento (cm)

b = ancho del cimiento (cm)

e = ancho del muro (cm)

sustituyendo:

$$\begin{aligned} h &= 40 \text{ cm} - 20 \text{ cm} \\ &= 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

Para mayor seguridad y protección, se propuso 60 cm de profundidad (para protección contra heladas y filtraciones se recomienda 1 m, lo cual no se aplica a este caso, ya

que se encuentra cubierto por la estructura metálica

Cimentación de plazas (opción cimentación corrida)

Se realiza el mismo procedimiento que en caso anterior.

Datos:

Peso firme	=	1344 kg/m lineal
viga	=	98 kg/m lineal
muro	=	208 kg/m lineal
dala	=	<u>72 kg/m lineal</u>
		1722 kg/m lineal

Peso propio (10%)	=	<u>172</u>
		1894 kg/m lineal

Resistencia del suelo 1 kg/cm^2 (r)

Espesor del muro 15 cm (e)

Cálculo:

Ancho del cimiento (b)

$$b = P / (r \times 100)$$

$$b = 1895 \text{ kg} / (1 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm})$$

$$b = 18.95 \text{ cm, cerrándose a } 20 \text{ cm}$$

Profundidad del cimiento (h)

$$h = b - e$$

$$h = 20 \text{ cm} - 15 \text{ cm}$$

$$h = 5 \text{ cm}$$

Nota:

La carga estimada en este caso es menor que la encontrada en el diseño para oficinas, por lo anterior se puede adoptar las mismas características de cimentación.

Cimentación de fachada (opción cimentación corrida)

Carga: viento y estructura	= 336 kg/m lineal
muro	= <u>1430</u> kg/m lineal
	1766 kg/m lineal
Peso propio (10%)	= <u>176</u>
Carga de diseño	= 1942 kg/m lineal

Comparando la carga de diseño con el valor encontrado en el caso de oficinas, se observa que el primero es menor por lo cual son aplicables las características de cimentación de las segundas.

Red Hidráulica

Utilizando la fórmula: $sf = 0.002021 Q^{1.88} / D^{4.88}$ para diámetros pequeños, se elaboraron las Tablas XXXII y XXXIII, basándose en la red de distribución presentada en la Figura 13 y considerando que cada toma de agua debe proporcionar un gasto mínimo de 0.3 Lt/seg, a manera de obtener las pérdidas por fricción. Además se calcularon las pérdidas locales en piezas especiales, las cuales se muestran en el

SIMBOLOGIA

TUBERIA	SIMBOLO
4"	○-○-○-○
1 1/2"	—○—○—○—
1"	●-●-●-●
3/4"	--- ---
1/2"	— — — —

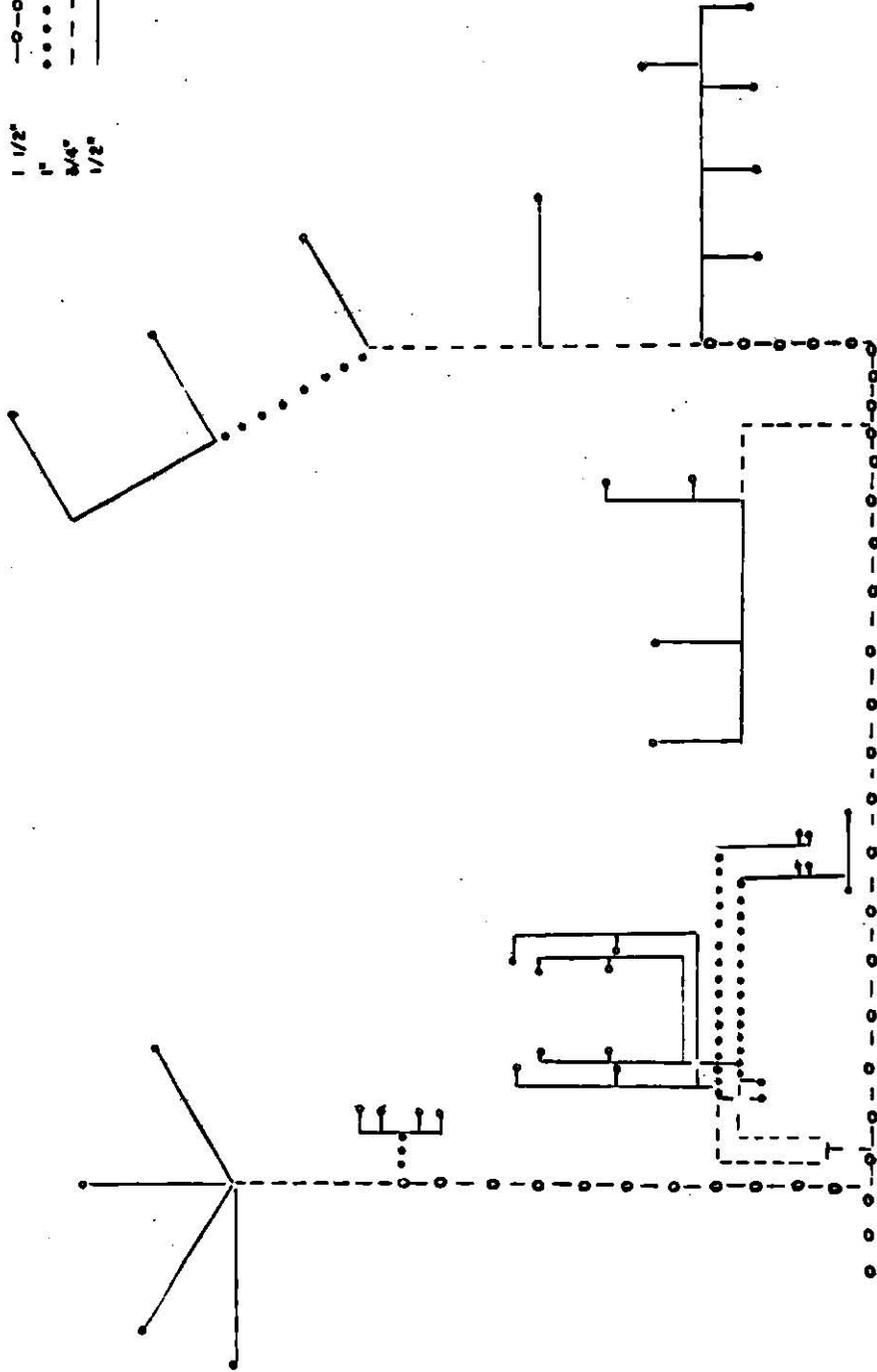


Figura 13. Esquema general para el cálculo de la red hidráulica.

Tabla XXXII. Pérdidas por fricción en la sala de ordeña y los corrales de vacas en producción.

Diám. (pulg)	Gasto (lt/seg)	Long.	No. de Piezas Codos	Equivalencia Codos "T"	Long. Total	Sf	Hf
1/2	0.3	195	9	0.45	202	0.86	174
	0.6	20	8	1	28	3.17	89
	0.9	1	1	1	2	6.8	13.6
	1.2	1	3	1	4	11.7	46.8
3/4	0.6	14	1	0.7	14.7	1.47	21.6
	1.2	19	2	0.7	21.1	1.47	31.02
1	1.2	15			15	0.4	6
	2.1	12	1	0.95	13	1.97	25.6
	2.7	12	1	0.95	13	1.22	15.8
1 1/2	2.4	5	1	2.7	7.7	0.78	6
	4.8	30	1	2.7	32.7	0.21	8
						Hf Total*	437.42

(*) Se toma como 450 m debido a que las reducciones que existen en la tubería las cuales no representan un gran efecto en el total de pérdidas por fricción.

Tabla XXXIII. Pérdidas por fricción en la tubería para la explotación

Diám. (pulg)	Gasto (lt/seg)	Long.	No. de Piezas Codos	"T"	Equivalencia Codos	"T"	Long. Total	Sf	Hf
1/2	0.3	330	38		0.45	1.00	347.000	0.86	299
	0.6	15		13			28.00	3.17	89
3/4	0.6	90	2		0.70		90.70	0.47	42
	0.9	10	1	2	0.70	1.40	19.00	1.61	30
	1.2	27	1	6	0.70	1.40	36.00	1.70	61
	1.5	10		2		1.40	12.80	2.65	34
	1.8			1		1.40	1.40	3.74	5
1	0.9	32					32.00	0.25	8
	1.2	45	1	1	0.95	1.70	47.00	0.42	20
	2.1	10	1		0.95		11.00	1.22	13
	2.7	10	1		0.95		11.00	1.92	27
1 1/2	2.4	30		1		2.70	32.70	0.21	7
	2.7	30	1	1	1.40	2.70	34.10	0.26	9
	3.9	120		1		2.70	122.7	0.53	65
	4.8	5		1		2.70	7.70	0.76	6
4	11.1	500					500.0	0.03	15
								Hf Total =	730

mismo cuadro, utilizando el método de equivalencias (Figura 11).

Utilizando la fórmula de potencia:

$$\text{Pot} = (\text{Gasto}) (\text{Hf}) (1000) / 76 (\text{eficiencia})$$

se calculó la potencia de la bomba que se requiere para llevar el agua desde el pozo del C.I.A. hasta la explotación. Se estimaron un gato total de $0.0111 \text{ m}^3/\text{seg}$ y un 70% como eficiencia de la bomba.

Potencia requerida para satisfacer las necesidades de la sala de ordeña y corrales de vacas en producción

$$\begin{aligned} \text{Pot} &= (0.0072 \text{ m}^3/\text{seg}) (438 \text{ m}) (1000) / 76 (0.7) \\ &= 60 \text{ HP} \end{aligned}$$

Potencia requerida por la explotación en general.

$$\begin{aligned} \text{Pot} &= (0.0111 \text{ m}^3/\text{seg}) (730 \text{ m}) (1000) / 76 (0.7) \\ &= 153 \text{ HP} \end{aligned}$$

Se propone una bomba de 60 HP ya que el momento más crítico es durante la ordeña, dejando como margen el gasto utilizado en los corrales de vacas en producción ya que es difícil que todas las tomas de la explotación esten abiertas simultáneamente y de esta manera se cuida el punto de vista económico al mismo tiempo.

Red sanitaria (interior de la sala de ordeña)

Tubería recolectora

Para el cálculo del diámetro requerido por conducción, se manejó los siguientes puntos:

- Tubo de barro vitrificado
- De la Tabla XXV se obtuvo un factor de rugosidad 0.015, de acuerdo al material del conducto
- Pendiente o gradiente hidráulico se consideró como 0.02 m/m (2%)
- Se estimará un diámetro conducto, el cual estará trabajando a la mitad de su capacidad y en caso de satisfacer los requerimientos de desalojo será aceptado.

Para el caso de un conducto trabajando a toda su capacidad, el radio hidráulico (r) vale D/4 dado que:

$$r = 4/P = (1/4 \pi D^2) / (\pi D) = D/4$$

En el caso nuestro en que el conducto estará trabajando a la mitad, tiene el mismo valor que el anterior ya que tanto área como perímetro mojado se reduce a la mitad.

$$r = \frac{A/2}{P/2} = 4/P$$

Diámetro propuesto 4" (0.10 m)

Radio hidráulico = D/4 = 0.10 m/4 = 0.0250 m

Enseguida se determinó la velocidad de evacuación:

$$U = r^{2/3} g^{1/2} / n$$

$$V = (0.0250)^{2/3} (0.02)^{1/2} / 0.015$$

$$V = (0.0855)(0.1414) / 0.015$$

$$V = 0.806$$

En el siguiente punto se determinó si es aceptable el diámetro propuesto, ya que se estimó el gasto que puede conducir dicho conducto, trabajando a la mitad de su capacidad y se comparó con el producido en la sala de ordeña (punto crítico dentro del área de ordeña).

Gasto producido

En la sala de ordeña se ubican ocho tomas de agua (4 de agua fría y 4 de agua caliente), se estimó empíricamente un gasto de 0.3 lt/seg en cada una de ellas, lo cual da un gasto total de 2.4 lt/se ($0.0024 \text{ m}^3/\text{seg}$) en el momento más crítico durante el proceso de ordeña, ya que considera todas las tomas de agua abiertas al mismo tiempo.

Gasto máximo del conducto (trabajando a media capacidad):

$$Q = U \cdot (A/2)$$

Donde velocidad (V) = 0.806 m/s

$$\text{Area (A)} = \pi r^2$$

$$= 3.1416 (0.05 \text{ m})^2 = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\therefore Q = 0.806 \text{ m/s} (0.00785 \text{ m}^2/\text{s})$$

$$= 0.00316 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este valor es mayor que el producido en la sala de ordeña ($0.0024 \text{ m}^3/\text{s}$) y por lo tanto aceptable.

Conducción al exterior

Esta tubería debe recolectar los desechos líquidos producidos en toda el área de ordeña (la cual tiene 18-20 tomas de agua), donde el momento más crítico será al estar abiertas todas las tomas al mismo tiempo con un gasto de 0.3 lt/seg para cada una de ellas (6 lt/seg como gasto crítico total).

Las consideraciones en cuanto al material del conducto, coeficiente de rugosidad, pendiente y procedimientos son las mismas que en el punto anterior.

Diám. del conducto propuesto: 6" (0.15 m)

$$\begin{aligned} \text{Radio hidráulico (r)} &= D/4 \\ &= 0.15 \text{ m}/4 \\ &= 0.0375 \text{ m} \end{aligned}$$

A continuación se determinó la velocidad de conducción:

$$\begin{aligned} v &= r^{2/3} s^{1/2} / n \\ &= (0.0375)^{2/3} (0.02)^{1/2} / 0.015 \\ &= (0.112) (0.1414) / 0.015 \\ &= 1.056 \text{ m/s} \end{aligned}$$

El paso a seguir fue la determinación del gasto que podrá conducir el ducto a la mitad de su diámetro.

$$Q = V. (A/2)$$

Donde:

$$\text{Velocidad (V)} = 1.056 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Area (A)} &= \pi r^2 \\ &= (3.1416) (0.075 \text{ m})^2 \\ &= 0.0176 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

por lo tanto:

$$Q = 1.056 \text{ m/s } (0.0176 \text{ m}^2/2)$$

$$Q = 0.00933 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 9.33 \text{ lt/seg}$$

esta variable es superior al producido por el conjunto del área de ordeña (6 lt/seg) y por lo tanto aceptable el diámetro propuesto.

Desalojo de desechos

Un punto muy importante a considerar durante el diseño o emplazamiento de una sala de ordeña es el desalojo de los desechos recolectados por la red sanitaria interna, debido a que la eficiencia de ésta repercute directamente en el aspecto higiénico al momento de obtener la leche. Por lo anterior, se pondrá una especial atención en este tema, tomando como base para el diseño, ciertos criterios mencionados en la literatura como son los siguientes:

En el caso de la velocidad están establecidos dos límites extremos; límite inferior para evitar el depósito de materias en suspensión y límite superior para impedir la erosión de las paredes. Existen diferentes valores, depen-

diendo del tipo de agua a conducir y de la conducción con la cual se trabaje. De la Tabla XXV transcrita del Manual de Hidráulica realizado por Azevedo, se obtiene los valores 0.060 m/s como velocidad límite inferior y 1.50 m/s como velocidad límite superior, los cuales son aplicados en el caso de alcantarillas.

Debido a que la velocidad es función de la pendiente, los límites establecidos para la primera resultan influenciados por los límites de la segunda. Los valores recomendados para el caso de alcantarillado se encuentran condicionados al diámetro que posea el conducto. En la Tabla XXVI (Manual de Hidráulica escrito por Azevedo), se muestran algunos diámetros con sus respectivas pendientes, de ésta se extrae el rango 0.007 -0.200 como el más común y recomendable para conductos con un diámetro de 0.15 m (6"), dicho diámetro es el contemplado para la evacuación de los líquidos.

Tomándose en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente y considerando los datos topográficos del perfil del terreno (Tabla XXVIII) se realizó una distribución de registro a lo largo de éste, el cual quedó como se muestra en la Figura 14. A la salida de la sala de ordeño se ubica un registro, entre éste y el próximo hay una distancia de 60 m (tramo 1). de este punto al siguiente existe una distancia de 40 m (tramo 2), el último tramo (tramo 3) posee una magnitud de 60 m.

Basándonos en las cotas que poseen estos puntos (Tabla XXVIII) se calculó la pendiente que le corresponde a cada tramo, dividiendo la diferencia de alturas existente entre sus extremos sobre la distancia que tiene dicho tramo vigilando que se encuentre dentro del rango recomendado.

Una vez obtenida la pendiente, mediante la fórmula:

$$V = r^{2/3} S^{1/2} / n$$

se determina la velocidad de trabajo, la cual no debe salir de los extremos permitidos. En esta fórmula r es el radio hidráulico (área/perímetro mojado). Como el diseño se hace estimando que el conducto trabaje a la mitad de su capacidad, el radio hidráulico tiene un valor de $D/4$ (diámetro del conducto/4).

El paso a seguir después de encontrar la velocidad es calcular el gasto conducido por cada tramo utilizando la fórmula: $Q = V.A$

donde el área de conducción es la mitad del área del conducto, este valor es requerido para estimar el tirante crítico sin sobrepresiones que puedan deteriorar la estabilidad de éste.

La fórmula del tirante crítico (d_c) es la siguiente:

$$d_c = (Q^2 / (B^2 g))^{1/3}$$

donde:

g = es la gravedad (9,8 m/s)

B = es el diámetro del conducto

Q = es el gasto conducido

una vez expuestos los puntos y fórmulas a usar se procede a su cálculo por tramo en forma individual.

Tramo 1 (0-60 m)

Pendiente (5). De la Tabla XXVIII se obtiene las cotas de sus extremos (100.10 m y 98.78 m), la diferencia entre estas es de 1.32 m, dividiendo el valor anterior entre la magnitud del tramo, se deduce la pendiente.

$$S = 1.32 \text{ m} / 60 \text{ m} = 0.022$$

este valor se encuentra dentro del rango óptimo (0.007-0.200).

Velocidad (V). Para estimar la velocidad se sustituye los valores de radio hidráulico (0.15 m/4), pendiente (0.022) y el factor de rugosidad (n), el cual se da en la Tabla XXVII (la tubería de barro vitrificado tiene un valor de 0.015).

$$V = (0.15/4)^{2/3} (0.022)^{1/2} / 0.015$$

$$V = 1.125 \text{ m/s}$$

el anterior valor se halla dentro de los extremos permitidos (0.60 m/s - 1.50 m/s).

Para determinar el tirante crítico (dc), primero se calcula el gasto Q.

$$Q = V.A$$

donde el área es una constante para este diseño, ya que se contempla usar el conducto a la mitad de su capacidad (0.0088 m²).

sustituyendo:

$$Q = 1.125 \text{ m/s (0.0088 m}^2)$$

$$Q = 0.011 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando las variables de gasto y diámetro del conducto, en la fórmula de tirantes crítico (dc), por sus respectivos valores:

$$\begin{aligned} dc &= ((0.011)^2 / ((0.15)^2 \cdot 9.8))^{1/3} \\ &= 0.081 \end{aligned}$$

este tirante crítico no involucra algún problema por presión excesiva en el conducto.

El procedimiento usado en el tramo anterior se aplica a los otros dos, por lo cual se realizará el cálculo sin utilizar demasiadas palabras que se vuelvan monotonas o rebuscadas.

Tramo 2 (60-100 m)

Pendiente. La diferencia entre las cotas de sus extremos (98.78 - 98.41) es de 0.37 m, esta cantidad dividida entre la magnitud del tramo (40 m) nos da la pendiente cuyo valor es 0.00925. La pendiente obtenida entra en el rango reco

mendable (0.007 - 0.200) por lo cual es aceptada,

Velocidad

sustituyendo en la fórmula nos queda;

$$V = (0.15 / 4)^{2/3} (0.00925)^{1/3} / 0.015$$

$$V = 0.718 \text{ m/s}$$

el anterior valor es admisible ya que se encuentra dentro de los valores permitidos (0.60 m/s - 1.50 m/s).

Gasto (Q)

Reemplazando las variables por sus respectivos valores:

$$Q = 0.718 \text{ m/s} (0.0088 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.0063 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tirante crítico (dc). Para encontrar este dato se cambian las variables por sus correspondientes valores.

$$dc = ((0.0063 \text{ m}^3/\text{s}^2) / (0.15 \text{ m})^2 \cdot 9.8 \text{ m})^{1/3}$$

$$dc = 0.056$$

la magnitud del tirante crítico encontrado no representa peligro por exceso de presión en el conducto.

Tramo 3 (100-160 m)

Pendiente. La diferencia entre las cotas de los puntos extremos (98.41-96.16) es de 1.95 m, dividiendo este dato entre la distancia que existe de un extremo a otro (60 m)

se obtiene la pendiente, la cual posee un valor de 0.0325. La pendiente deducida anteriormente se encuentra en el rango permitido (0.007 - 0.200) y por lo tanto, es aceptada.

Velocidad. Para encontrar este valor se sustituye la pendiente en la fórmula de velocidad.

$$v = r^{2/3} s^{1/2} / n$$

$$v = (0.15/4)^{2/3} (0.0325)^{1/2} / 0.015$$

$$= 1.346$$

este valor es permitido ya que se encuentra dentro de los valores recomendables (0.60 m/s - 1.50 m/s).

Gasto (Q).

De acuerdo con su fórmula y cambiando las variables por los valores correspondientes, se determinó lo siguiente

$$Q = 1.346 \text{ m/s } (0.0088 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.01185 \text{ m/s}$$

Tirante crítico (d_c)

Sustituyendo los datos de gasto (0.01185 m/s), diámetro del tubo (0.15 m) y gravedad (4.8 m/s) en la fórmula:

$$d_c = (Q^2 / B^2 g)^{1/3}$$

$$d_c = 0.086 \text{ m}$$

el tirante crítico anteriormente determinado no produce deterioro del conducto a causa de alguna sobrecarga de presión.

Mediante los resultados encontrados, se comprueba que la tubería propuesta en la Figura 14, cumple con los requisitos y normas establecidas para un buen funcionamiento (Pendiente, velocidad y tirante crítico), así como la distribución de los registros que se observa en ella. En la Figura 15 se muestra el tipo de registro contemplado para este trabajo.

Fosa Séptica

Al término de la tubería de evaluación y antes de entrar las aguas negras a alguna corriente natural, debe pasar por una fosa séptica donde se decanten todos los sólidos o lodos y así llegue un líquido más libre de impurezas, reduciéndose la contaminación de ríos.

Para el cálculo del volumen de almacenaje de la fosa se debe determinar el que ocuparán los lodos y el requerido por los líquidos, el primero se hace estimando un tiempo entre limpiezas de aproximadamente un año y el otro se realiza contemplando una capacidad para dos días (los tiempos de almacenamiento son los recomendados por diferentes autores).

Volumen ocupado por lodos

Babbitt menciona un volumen de 70 lt al año por persona, como en este caso se trata de ganado, se tomará como referencia 140 lt al año por vaca, multiplicando el volumen asignado para cada vaca por la cantidad de éstas (254) se

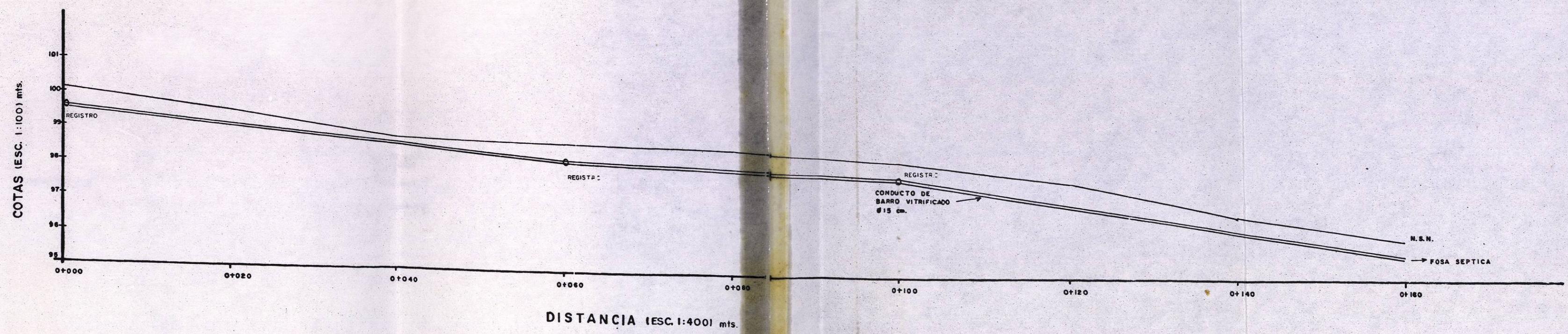


Figura 14. Esquema de la conduccion sanitaria al exterior de la casa de ordeño

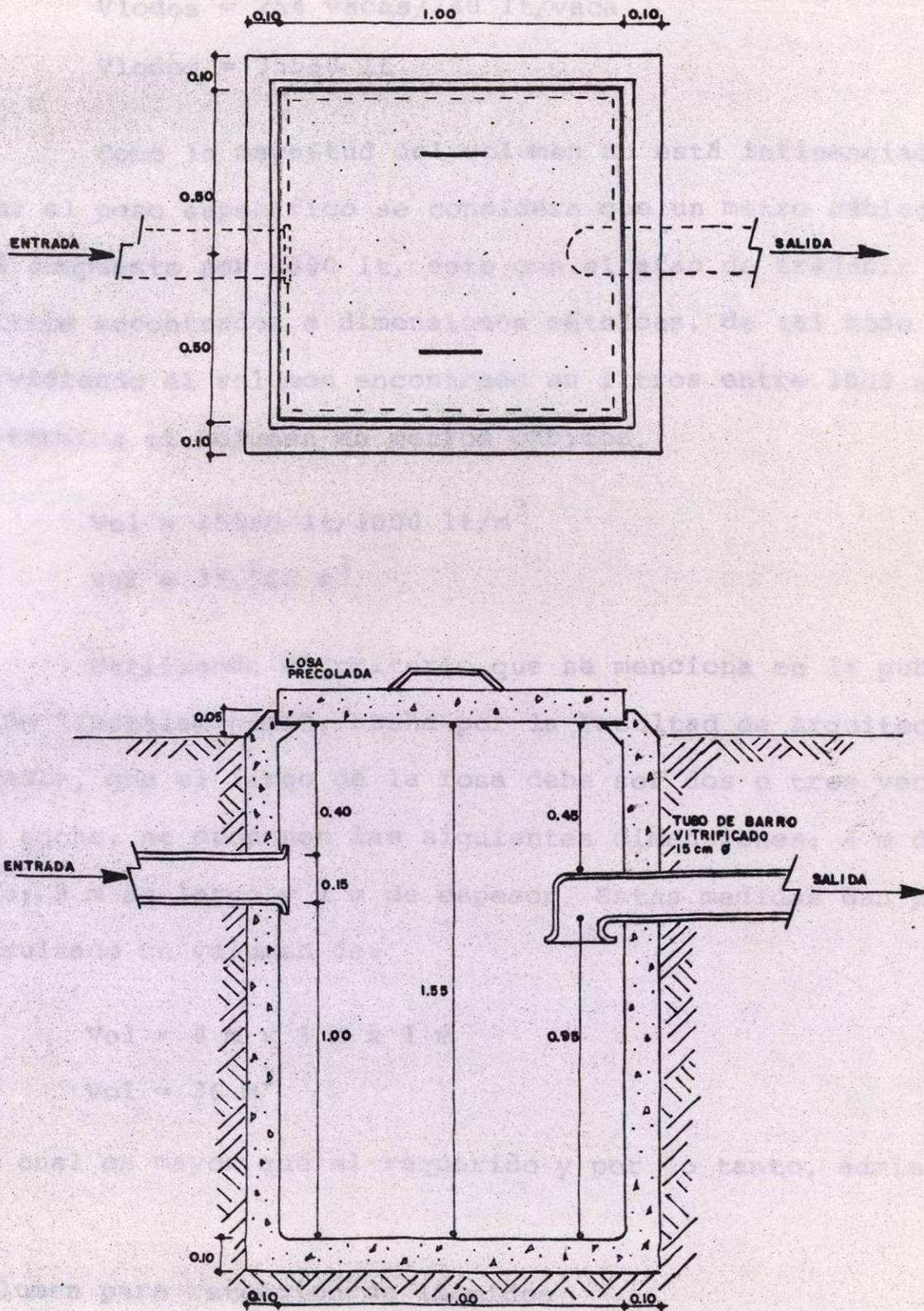


Figura 15. Esquema del registro contemplado en el proyecto.

obtiene lo siguiente;

$$\text{Vlodos} = 254 \text{ vacas}/140 \text{ lt/vaca}$$

$$\text{Vlodos} = 35560 \text{ lt}$$

Como la magnitud del volumen no está influenciada por el peso específico se considera que un metro cúbico es tá compuesto por 1000 lt, esto con el afán de traducir los litros encontrados a dimensiones métricas, de tal modo que dividiendo el volumen encontrado en litros entre 1000 se determina el volumen en metros cúbicos.

$$\text{Vol} = 35560 \text{ lt}/1000 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Vol} = 35.560 \text{ m}^3$$

Utilizando el criterio que se menciona en la publica ción "Instalaciones", hecha por la Facultad de Arquitectura (UANL), que el largo de la fosa debe ser dos o tres veces su ancho, se proponen las siguientes dimensiones: 4 m de an cho; 9 m de largo y 1 m de espesor. Estas medidas dan por resultado un volumen de:

$$\text{Vol} = 4 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 36 \text{ m}^3$$

el cual es mayor que el requerido y por lo tanto, admisible.

Volumen para retención de líquidos

En la publicación hecha por el Depto. de Industrias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chapinto, titulada

"8 Proyectos de unidad tipo de explotación de Ganado Bovino", se menciona un volumen de 95 lt/vaca al día; a su vez recomienda la existencia de una capacidad para dos días, lo que representa un volumen requerido de 190 lt/vaca.

Para estimar la capacidad requerida para la explotación, se multiplica el dato anteriormente mencionado (190 lt/vaca) por el total de animales (254).

$$\text{Vol líquidos} = 190 \text{ lt/vaca} \times 254 \text{ vacas}$$

$$\text{Vol líquidos} = 48260 \text{ lt}$$

Transformando a metros cúbicos:

$$\text{Vol líquidos} = 48260 \text{ lt} / 1000 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Vol líquidos} = 48.260 \text{ m}^3$$

Dimensiones propuestas: 4 m de ancho y 9 m de largo, estas medidas son las ya aceptadas en la retención de lodos, por lo que solo se buscará el espesor.

Considerando un espesor de 1.5 m se determinó un volumen de:

$$\text{Vol} = 4 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Vol} = 54 \text{ m}^3$$

el cual es aceptado por ser ligeramente mayor que el requerido (48.26 m³).

Sumando los espesores calculados se obtiene la pro-

fundidad de la fosa,

$$\text{Profundidad} = 1.00 \text{ m} + 1.50 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 2.50 \text{ m}$$

el ancho y largo son los ya mencionados (4 m y 9 m respectivamente).

El esquema de la fosa se representa en las Figuras 16 y 17.

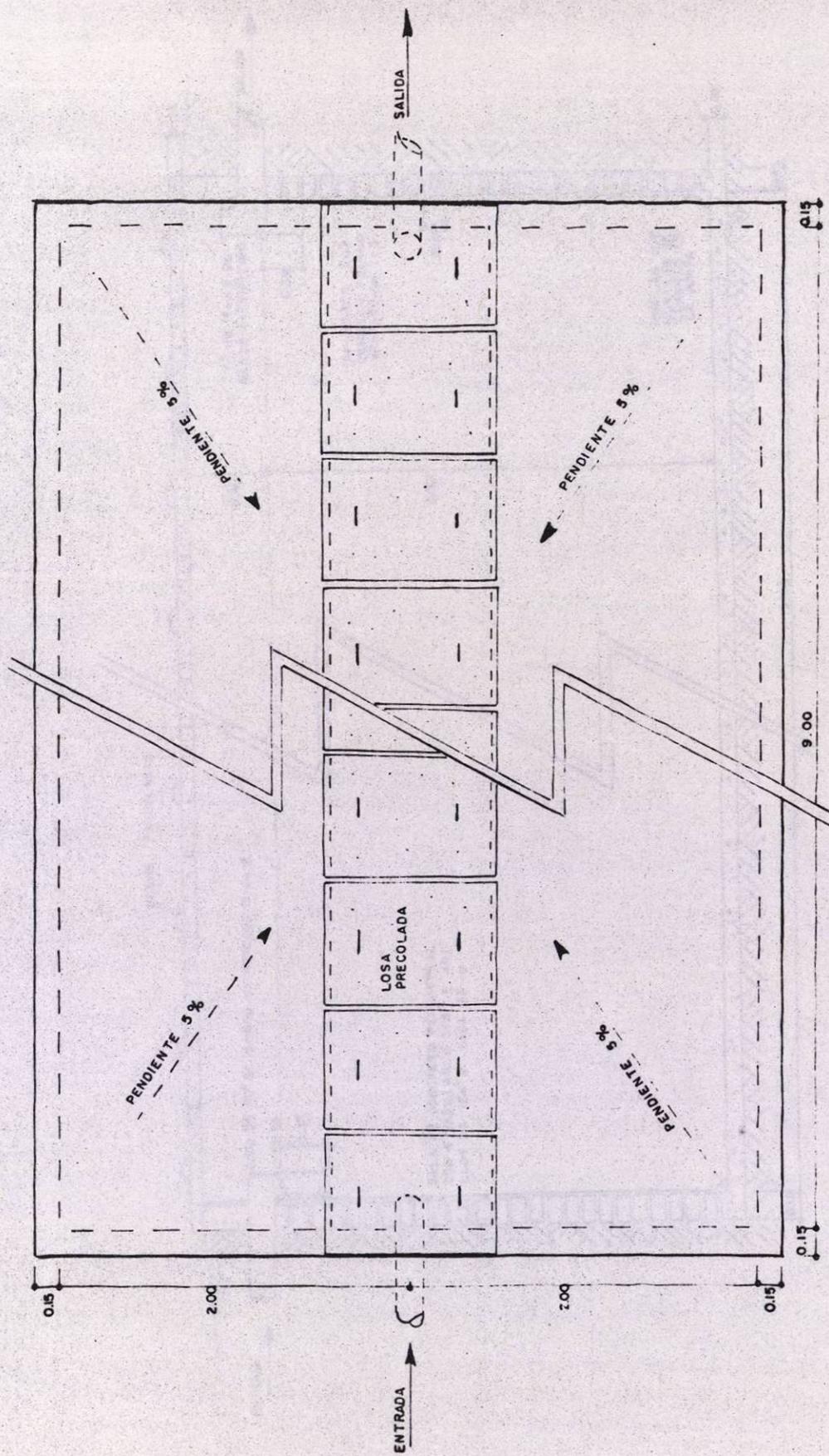


Figura 16. Fosa séptica (planta).

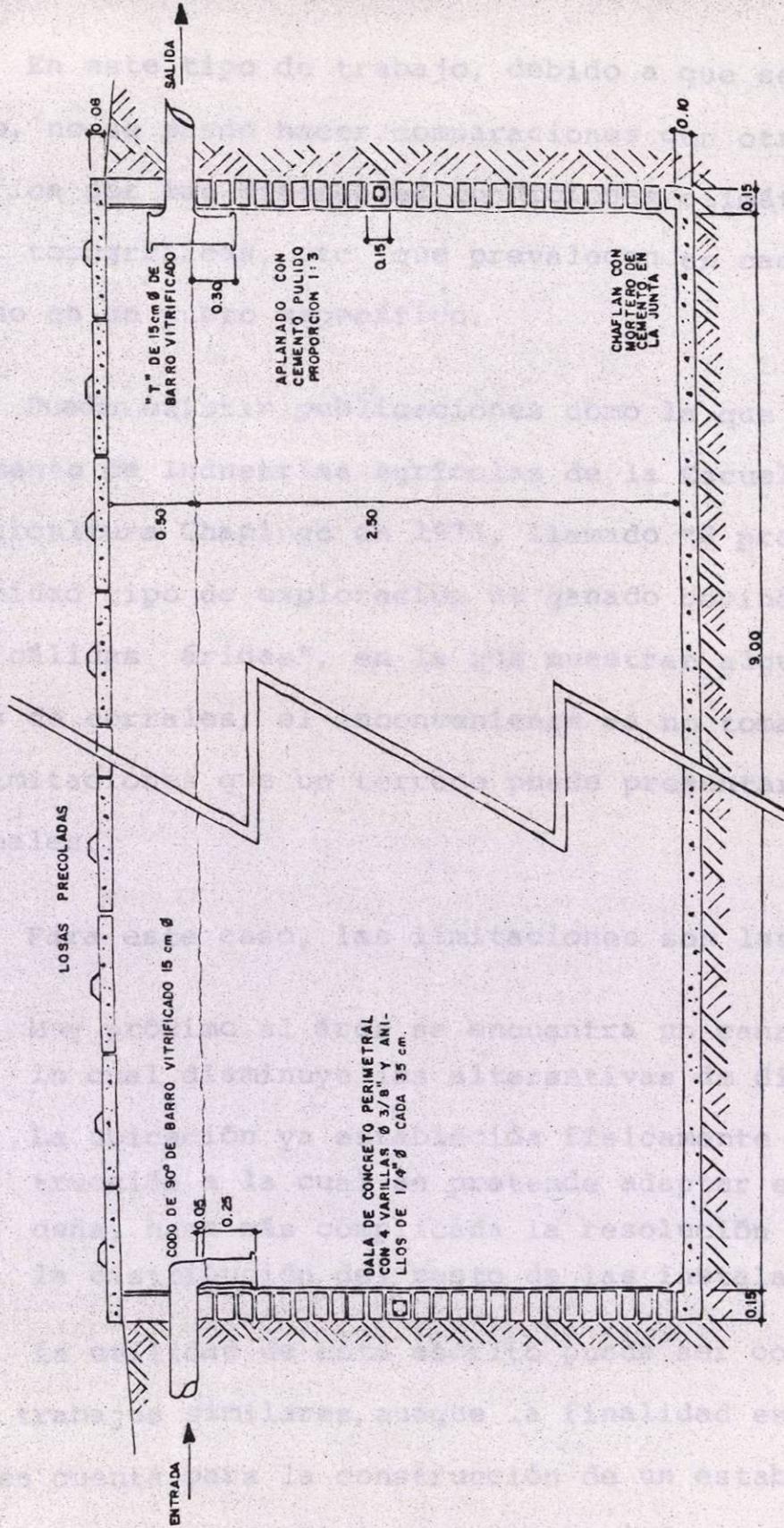


Figura 17. Fosa séptica (elevación).

DISCUSION Y CONCLUSION

En este tipo de trabajo, debido a que se trata de un diseño, no se puede hacer comparaciones con otros. Esto se justifica por las diferentes condiciones climáticas, geográficas, topográficas, etc. que prevalecen en cada región e incluso en un punto específico.

Pueden existir publicaciones como la que hizo el Departamento de Industrias Agrícolas de la Escuela Nacional de Agricultura Chapingo en 1975, llamado "8 proyectos de una unidad tipo de explotación de ganado bovino lechero en zonas cálidas áridas", en la que muestran algunas distribuciones de corrales; el inconveniente es no tomar en cuenta las limitaciones que un terreno puede presentar en condiciones reales.

Para este caso, las limitaciones son las siguientes:

- a). Muy próximo al área se encuentra un canal de desagüe lo cual disminuye las alternativas de diseño.
- b). La ubicación ya establecida físicamente de la construcción a la cual se pretende adaptar el área de ordeña, hace más complicada la resolución en cuanto a la distribución del resto de las instalaciones.

La utilidad de este escrito puede ser como guía en otros trabajos similares, aunque la finalidad es que sea tomado en cuenta para la construcción de un establo lechero, cuya capacidad sea suficiente para satisfacer los requerimientos actuales de la FAUANL.

RESUMEN

Se hizo la recopilación de datos necesarios para el diseño (bibliográficos y de campo), utilizándose bibliografía adecuada, equipo topográfico y de medición.

Se estimaron las dimensiones de cada uno de los diferentes corrales, así como sus componentes. Además, se determinaron los cálculos y diseños para otras instalaciones necesarias en la explotación; se realizó el diseño y adaptación del área de ordeña a la construcción existente en el lugar. Se dedujo la distribución de instalaciones más viables en cuanto a eficiencia, se creó una alternativa en cuanto a las redes de los diferentes servicios en el área de ordeña.

Una vez definidos los puntos anteriores, se elaboraron los planos correspondientes a cada punto, éstos son los siguientes:

1. Topografía del terreno
2. Construcción existente, planta
3. Construcción existente, elevación, cortes y detalles
4. Plano general de funcionamiento
5. Plano general de dimensionamiento
6. Área de ordeña, funcionalidad
7. Área de ordeña, dimensionamiento
8. Elevaciones del área de ordeña
9. Cimentación
10. Detalles de cimentación
11. Red hidráulica

12. Red sanitaria
13. Detalles de la red sanitaria
14. Red eléctrica
15. Detalles del área de ordeña
16. Area de becerras
17. Componentes de los corrales
18. Sombreaderos
19. Silos y estercoleros
20. Corrales de crecimiento y conjunto de separos y maternidad
- 21 Plano de trazo

En trabajos de diseño como éste, no se pueden hacer comparaciones, ya que no se trata de experimentación donde se asignan las condiciones reales existentes. Existen publicaciones donde se mencionan algunas explotaciones tipo, pero éstas tienen el inconveniente de no considerar las características del área; por lo tanto, no son 100% aplicables. Los puntos que implicaron una problemática a la alternativa de diseño fueron la proximidad de un canal de desague y la ubicación fija de la construcción, a la cual se le adaptará el área de ordeña.

El presente escrito puede usarse como guía en otros trabajos similares, además aplicándose al caso FAUANL, se traducirá en eficientización, mayor producción y por ende, aumento de los ingresos. Otro beneficio sería el aprovechamiento, desde el punto de vista académico, que éste tendría por diferentes especialidades o carreras de esta Facultad.

BIBLIOGRAFIA

1. ANONIMO. 1977. Diez temas sobre manejo del ganado. 2a. Edición. Publicaciones de Extensión Agraria (Ministerio de Agricultura), Madrid (España). p. 24-36.
2. ANONIMO. 1976. Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas. Publicaciones de Extensión Agraria (Ministerio de Agricultura). Madrid (España). p. 32.
3. ANONIMO. 1975. 8 Proyectos de Unidad "Tipo" de Explotación de Ganado Bovino en zonas Cálidas Aridas. Departamento de Industrias Agrícolas (Escuela Nacional de Agricultura Chapingo). Chapingo (México).
4. ANONIMO. 1979. Tecnología del cerco ganadero. Asociación Mexicana de Producción Animal, A.C. Boletín Técnico No. 1.
5. AVILA TELLEZ, S. 1984. Producción intensiva de ganado lechero. C.E.C.S.A. México, D.F.
6. AZEVEDO NETTO, J.M. de y G.A. ALVAREZ. 1975. Manual de Hidráulica. 6a. Edición. Harla. México, D.F. p. 186-187, 428-429.
7. BABBIT, H.E. y E.R. BAUMANN. 1983. Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras. 8a. Edición. C.E.C. S.A. México, D.F. p. 74-78, 137-138.
8. BATH, D.L., F.N. DICKINSON, H.A. TUCKER y R.D. APPLENMAN. 1984. Ganado Lechero, Principios, Prácticas, Problemas y Beneficios. 2a. Edición. Nueva editorial Interamericana. México, D.F. p. 408-427.
9. CASTRO SANCHEZ, G. 1974. Construcciones rurales, especificaciones, costo y cálculo estructural. 1a. Edición. Editorial Patena, A.C. Chapingo (México). 169-182, 202-213, 277-279, 301.
10. COLE, H.H. 1973. Producción animal. 2a. Edición. Editorial Acribia. Zaragoza (España). p. 148-150, 625-627, 633-735.
11. CORTES SOTO, C. 1985. Eficiencia en el salón de ordeña mecánico. México Holstein. 16(10) 22-23.
12. CULLISON, A.E. 1983. Alimentos y Alimentación de Animales. 1a. Ed. Editorial Diana. México, D.F. p. 252, 316.

13. CREIXEL M., J. 1984. Estabilidad de las Construcciones. 3a. Edición. C.E.C.S.A. México, D.F. p. 23-24.
14. DAVIS, R.F. 1964. La Vaca Lechera, su cuidado y explotación. 1a. Edición. LIMUSA. México, D.F. p. 11-13.
15. ENSMINGER, M.E. y C.G. OLENTINE. 1983. Alimentos y Nutrición. Editorial El Ateneo. Buenos Aires (Argentina). p. 92-100.
16. ETGEN, W.M. y P.M. REAVES. 1985. Ganado Lechero, Alimentación y Administración. LIMUSA. México, D.F. p. 240- 319-323.
17. GARCIA VAQUERO, E. 1974. Diseño y Construcción de Alojamientos Ganaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España). p. 44-47.
18. GASQUE GOMEZ, R. 1985. Alojamiento e Instalaciones Lecheras. 1a. Edición. C.E.C.S.A. México, D.F.
19. HIDALGO BAHAMONTES, A. 1978. Construcción de Cimientos. 14a. Edición. Ediciones CEAC. Barcelona (España) p. 22-24, 108.
20. JUDKINS, H.F. y H.A. KEENER. 1969. Leche; su producción y procesos industriales. 2a. Edición. C.E.C.S.A. México, D.F. p. 71-88.
21. KOESLAC, J.H. 1984. Manuales para la Educación Agropecuaria; Bovinos de Leche. Editorial TRILLAS/SEP México, D.F. p. 31-37.
22. MARTINEZ PEREZ, L. 1972. Instalaciones Agrícolas. 11a. Edición. Ediciones CEAC. Barcelona (España). p. 156-161.
23. METALLANA VENTURA, S. 1959. Alojamiento para el Ganado 2a. Edición. Salvat Editores, S.A. Barcelona (España). p. 150-163.
24. MATON, A. 1975. Construcciones para el Ganado. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid (España). p. 103, 118.
25. PAREJA, M. 1978. Cubicaciones y Resistencia de Materiales. Ediciones CEAC. Barcelona (España). p. 1974 - 1976.
26. PARKER, H. 1982. Diseño Simplificado de Concreto Reforzado. 2a. Edición. LIMUSA. México, D.F.
27. PEREZ DOMINGUEZ, M. 1982. Manual sobre Ganado Productor de Leche. 1a. Edición. Editorial DIANA, México, D.F. p. 198-199.

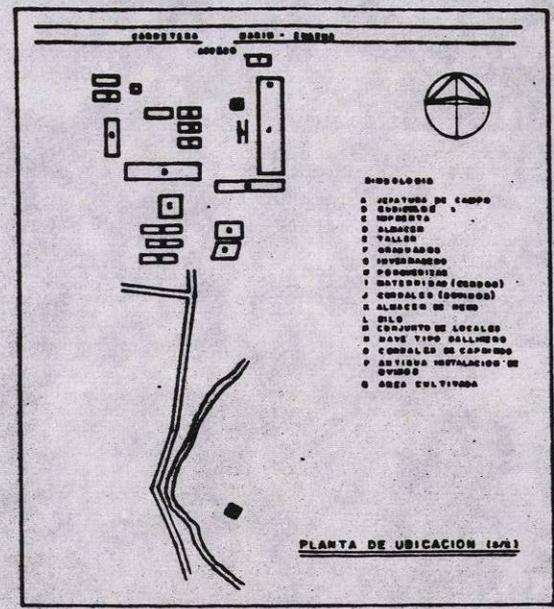
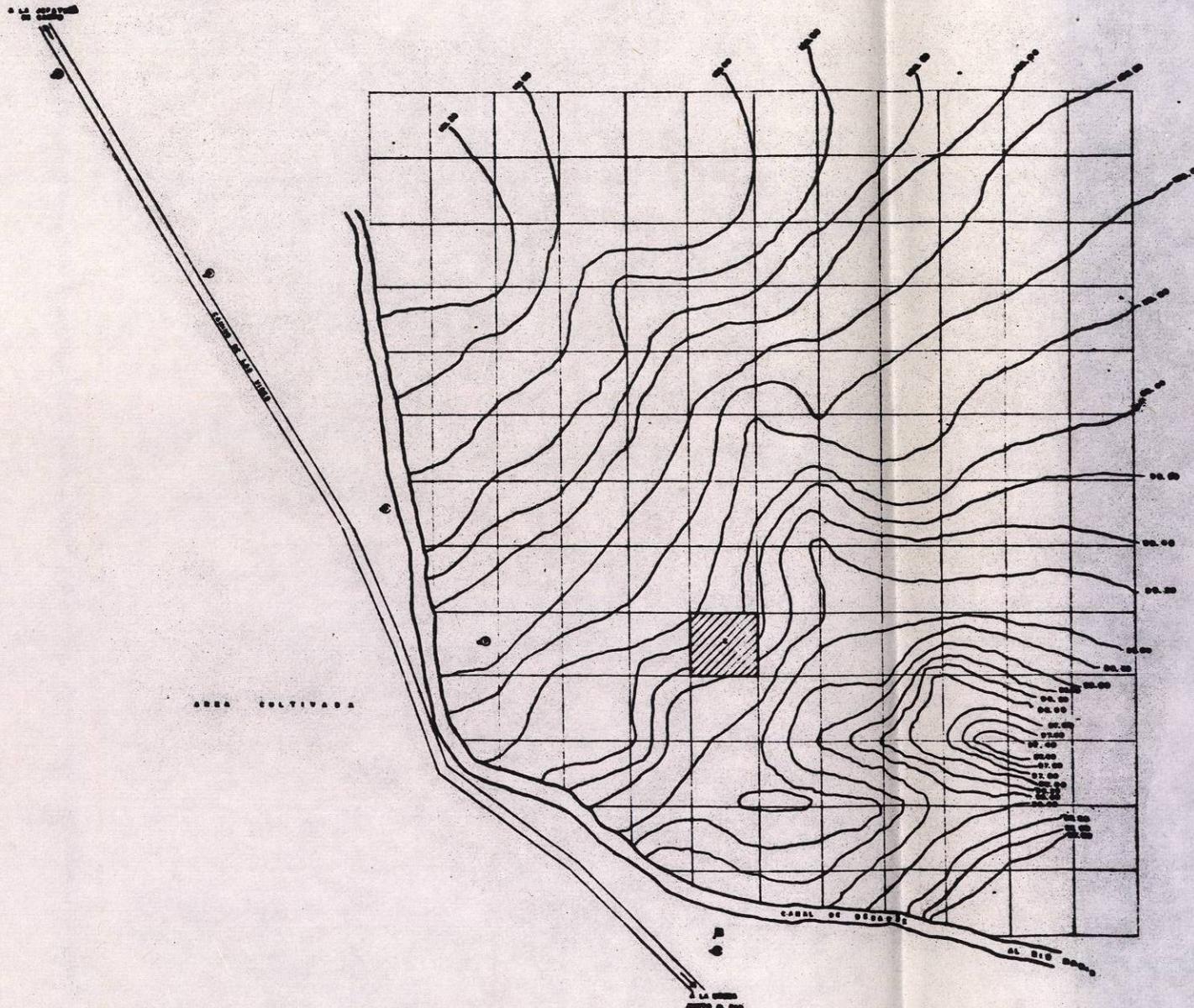
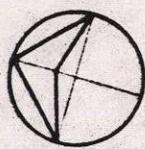
28. SAINSBURRY, D. 1977. Sanidad y Alojamiento para Animales. C.E.C.S.A. Barcelona (España). p. 251, 279.
29. SCHMIDT, B.H. y L.D. VAN VLECK. 1976. Bases Científicas para la Producción Lechera. Editorial Acribia. Zaragoza (España). p. 512-513.
30. TRUEBA CORONEL, S. 1984. Hidráulica. 22a. Edición. C. E.C.S.A. México, D.F. p. 123-165.
31. VEIRA DE SA, F. 1965. Lechería Tropical. 1a. Edición. Editorial UTEHA. México, D.F. p. 61-74.

Nota:

En este escrito solo se adjunta los planos basicos
(reducción al 50% de los originales)

Para mayor detalle ver anexo de planos de diseño y
construcción:

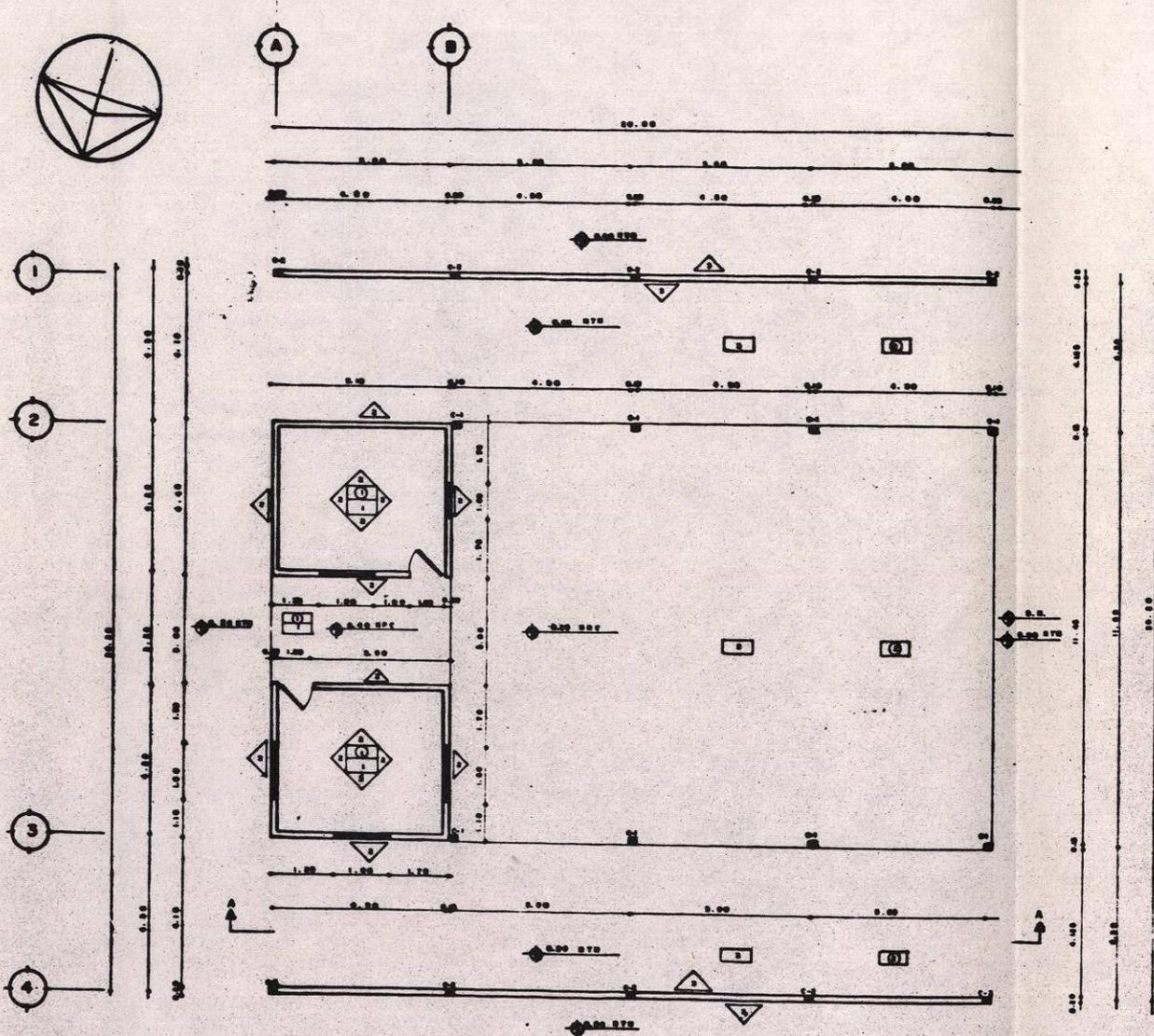
1. Topografía del terreno
2. Construcción existente, planta
3. Construcción existente, elevación, cortes y detalles
4. Plano general de funcionamiento
5. Plano general de dimensionamiento
6. Area de ordeña, funcionalidad
7. Area de ordeña, dimensionamiento
8. Elevaciones del área de ordeña
9. Cimentación
10. Detalles de cimentación
11. Red hidráulica
12. Red sanitaria
13. Detalles de la red sanitaria
14. Red eléctrica
15. Detalles del área de ordeña
16. Area de becerras
17. Componentes de los corrales
18. Sombreaderos
19. Silos y estercoleros
20. Corrales de crecimiento y conjunto de separos y maternidad
21. Plano de trazo



- NOBENCIALIZACION**
- BOMBA DE AGUA
 - ▨ ANTENA CONSTRUCCION DE OVINOS
 - POSTE SOSTEN DEL CABLE ELECTRICO

AREA APROX. = 60000 m² (6 HAS.)

UANL	FACULTAD DE AGRONOMIA INGENIERIA AGRICOLA	
PROYECTO	DISEÑO Y ADAPTACION DE UN ESTABLEO LECHERO	
PLANO	TOPOGRAFIA DEL TERRENO	
LEVANTO	EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ AUXILIARES	PLANO NO. 01
ABSCORRO	ING. JESUS RAUL RODRIGUEZ R. ARG. JUANA MARIA LOZANO G.	ESCALA 1:1000
LOCALIZACION	FAUANL, MARI, N.L.	SECCION M.T.S.



PLANTA (ESC. 1:100)

SIMBOLOGIA

- MUROS
- TECHOS
- PISO
- C-1 COLUMNA DE ACERO (PERFIL MON-TER 6 MT-14)
- C-2 COLUMNA DE CONCRETO ARMADO



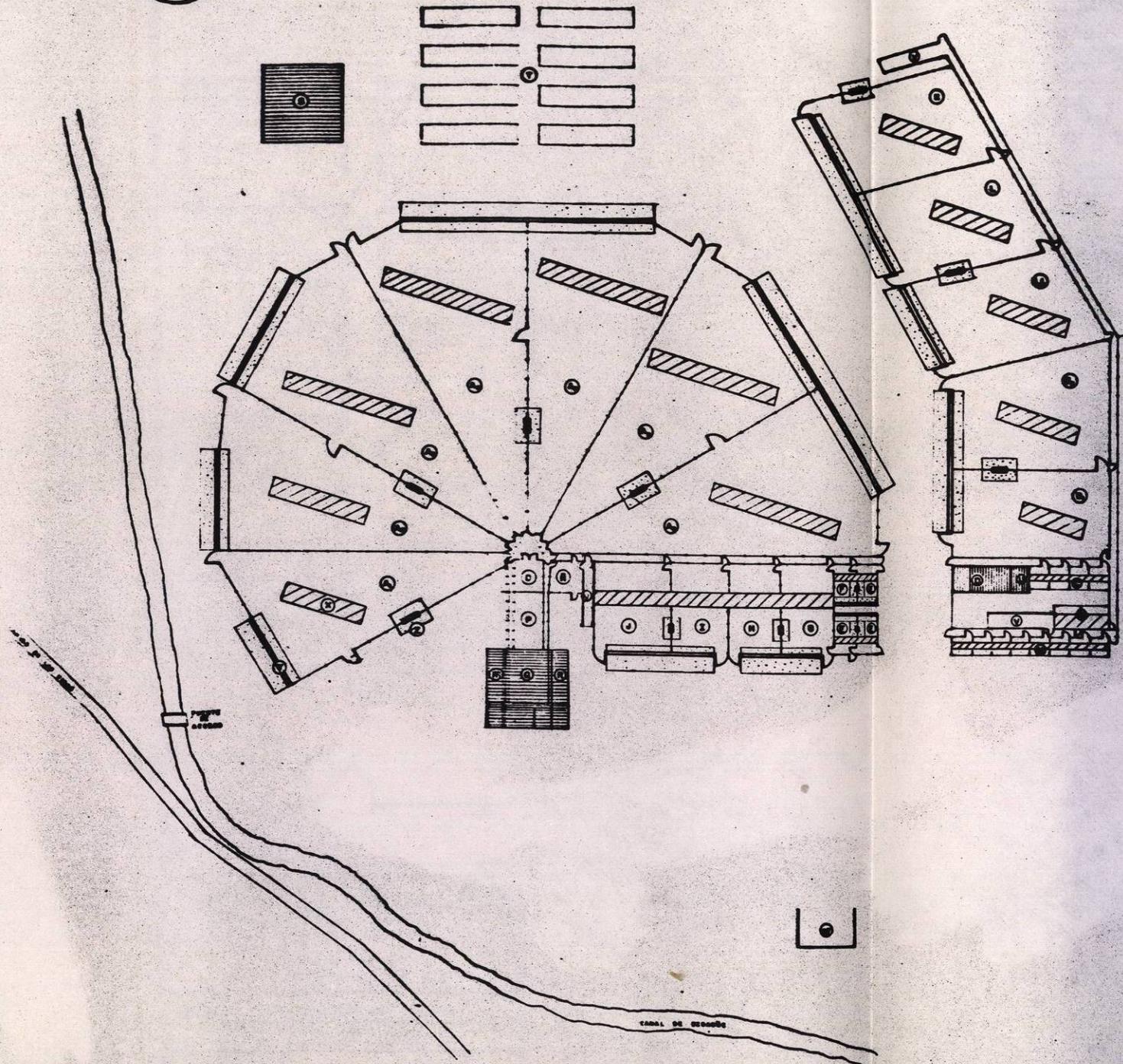
ACABADOS

- MUROS**
 - 1 ZAPCO Y APINE
 - 2 ACABADO DE CAL
 - 3 BLOQUE DE CONCRETO APARENTE
- TECHOS**
 - 1 LOSA DE CONCRETO ARMADO
 - 2 LAMINA GALVANIZADA ACANALADA TIPO 0-30
- PISOS**
 - 1 CEMENTO PULIDO
 - 2 RELLENO COMPACTADO
 - 3 SUELO NATURAL

NIVELES

- N.T.M. NIVEL DEL TERRENO NATURAL
- R.R.C. NIVEL DEL RELLENO COMPACTADO
- R.P.C. NIVEL DEL PISO DE CONCRETO
- S.N. BANCO DE NIVEL

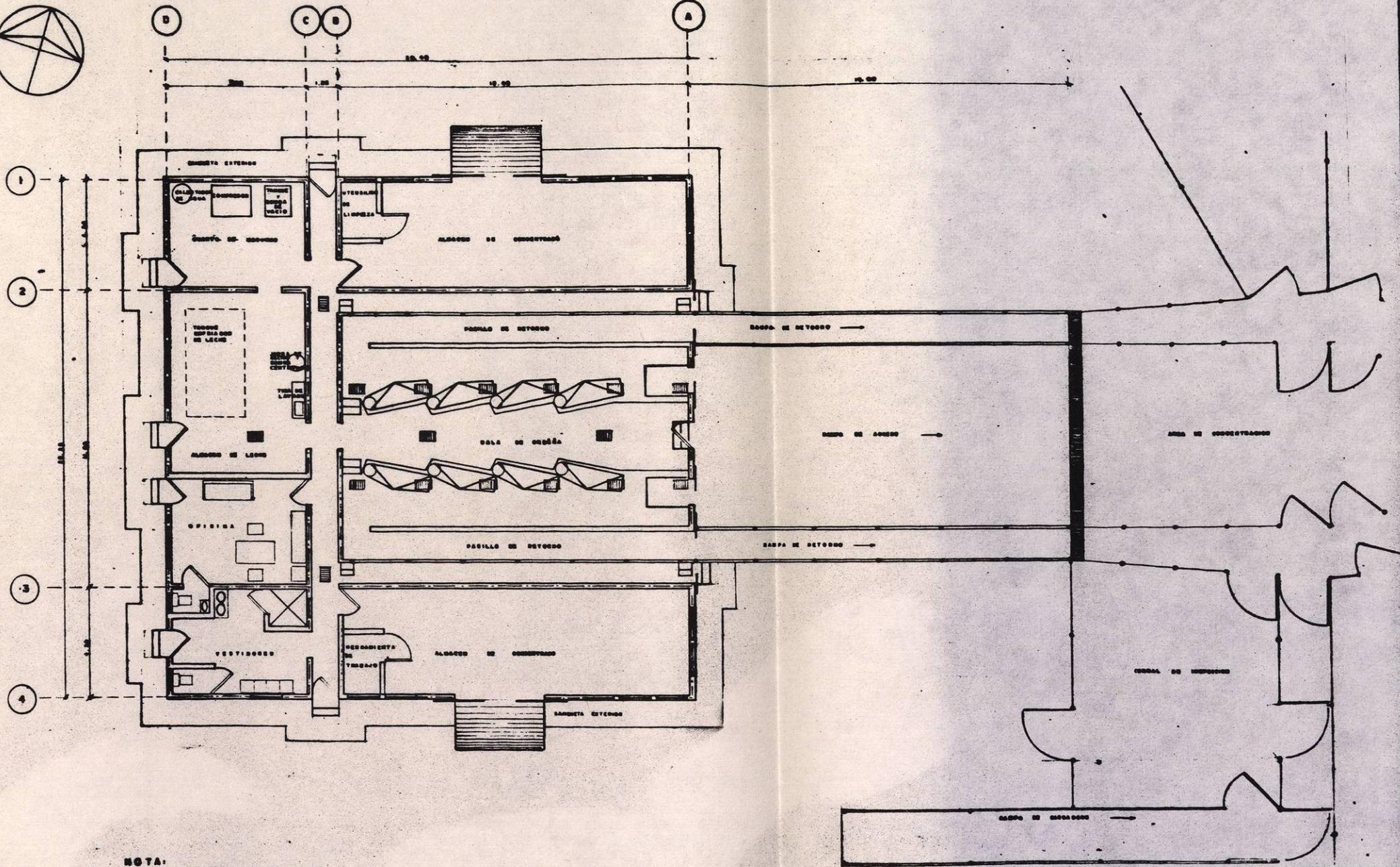
UANL	FACULTAD DE AGRONOMIA INGENIERIA AGRICOLA	
PROYECTO	DISEÑO Y ADAPTACION DE UN ESTABLO LECHERO	
PLANO	CONSTRUCCION EXISTENTE (PLANTA)	
ELABORADO	EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ MURILLARES	PLANO No. 02
REVISADO	ING. JESUS RAUL RODRIGUEZ R. ING. JANA MARA LOZANO O.	ESCALA 1:100
MARR. N.L.		FECHA M T S



LEYENDA

- A. CORRALES DE VACAS EN GONDIÓN
- 1. CAPACIDAD PARA 24 VACAS
- 2. CAPACIDAD PARA 32 VACAS
- 3. CAPACIDAD PARA 40 VACAS
- B. CORRALES DE VACAS DE CUBA
- 1. CAPACIDAD PARA 20 VACAS
- 2. CAPACIDAD PARA 28 VACAS
- C. PANDEROS
- D. AREA DE DECRETERRAS 10 A 2 MESES
- CAPACIDAD PARA 24 DECRETERRAS
- E. CORRALES PARA DECRETERRAS DE 2 A 4 MESES
- CAPACIDAD PARA 6 ANIMALES C/U
- F. CORRALES PARA DECRETERRAS DE 4 A 6 MESES
- CAPACIDAD PARA 6 ANIMALES C/U
- G. CORRAL PARA TERNERAS DE 6 A 8 MESES
- CAPACIDAD DE 22 ANIMALES
- H. CORRAL PARA TERNERAS DE 8 A 10 MESES
- CAPACIDAD DE 22 ANIMALES
- I. CORRAL PARA TERNERAS DE 10 A 12 MESES
- CAPACIDAD DE 22 ANIMALES
- J. CORRAL PARA TERNERAS DE 12 A 18 MESES
- CAPACIDAD DE 20 ANIMALES
- K. CORRAL DE VAGULLAS A PRIMER PARTO (18-19 MESES)
- CAPACIDAD DE 33 ANIMALES
- L. CORRAL PARA VAGULLAS A PRIMER PARTO (18-24 MESES)
- CAPACIDAD DE 33 ANIMALES
- LL. CORRAL PARA VAGULLAS PROXIMAS A PRIMER PARTO (21 A 24 MESES)
- CAPACIDAD DE 33 ANIMALES
- M. SEPAROS PARA ANIMALES ENFERMOS (8 CORRALES INDIVIDUALES)
- N. TORILES (12 CORRALES INDIVIDUALES)
- O. SEPARO PARA INSPECCION
- P. AREA DE CONCENTRACION
- Q. RAMPA DE ACCESO A LA SALA DE ORDENA
- R. AREA DE ORDENA
- S. ALMACEN DE CONCENTRADO (2)
- CAPACIDAD PARA 22.5 TONS. COMO MAXIMO (C/U)
- T. ALMACEN DE HENO
- CAPACIDAD PARA 12.4 TONS. COMO MAXIMO
- U. SILOS (8)
- CAPACIDAD PARA 185.0 TONS. COMO MAXIMO (C/U)
- V. PREPARACION DE ALIMENTOS PARA DECRETERRAS
- W. RAMPAS DE CARBONERO
- X. ESTERCOLERO
- Y. SOMBREADERO
- Z. COMEDERO

UANL	FACULTAD DE AGRONOMIA INGENIERIA AGRICOLA
PROYECTO	DISENO Y ADAPTACION DE UN ESTABLO LECHERO
PLANO	PLANO GENERAL DE FUNCIONAMIENTO
DISEÑADO POR	EUSEBIO MARTINEZ HERNANDEZ
REVISADO POR	ING. JESUS RAUL RODRIGUEZ R. ARQ. JUANA MARIA LOZANO G.
ELABORADO POR	MARIN, R. L.
PLANO No.	04
ESCALA	1:750
FECHA	1975



NOTA:
VER DETALLE DE PLAZAS DE ORDENA
EN EL PLANO No. 15

UANL		FACULTAD DE AGRICULTURA INGENIERIA AGRICOLA	
PROYECTO		DISEÑO Y ADAPTACION DE UN ESTABLE LECHERO	
PLANO		AREA DE ORDENA PLANTA DE FUNCIONAMIENTO	
DISEÑO		EUSEBIO MARTINEZ HERRANDEZ	00
REVISADO		ING. JESUS RAUL RODRIGUEZ R. ARG. JUARA MARIA LOZANO S.	1 100
		MARIN, R. L.	MTS

