

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Reingeniería del Camal Municipal de Machala”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Angeles Tatiana Pontón Tomaselli

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2006

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Luis Miranda, Director de Tesis, por su orientación durante la realización de este proyecto.

Al Ing. Contreras, Director del Camal Municipal de Machala, por la información y facilidades brindadas para el desarrollo de esta tesis.

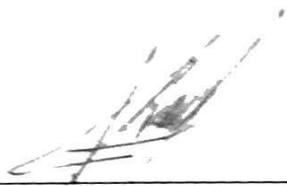
DEDICATORIA

A MI ESPOSO

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



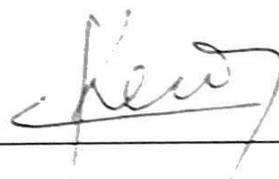
Dr. Kléber Barcia V.
DELEGADO POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Luis Miranda S.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Priscila Castillo S.
VOCAL



Ing. Karin Coello O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Angeles Tatiana Pontón Tomaselli

INTRODUCCION

La presente Tesis de Grado describe el desarrollo de una reingeniería para el Camal Municipal de Machala, el cual se dedica a brindar el servicio de faenado de reses y cerdos destinados a la comercialización en el mercado local.

Esta reingeniería abarcará el diseño de una línea para el faenado de reses y otra para el faenado de cerdos, y, además incluirá el diseño de un sistema de refrigeración de carnes.

Esta tesis tiene como objetivo elaborar una propuesta, que permita al Camal Municipal de Machala, ofrecer un servicio más higiénico y rápido, y que los productos obtenidos mediante el proceso de faenado sean de mayor calidad y conservabilidad.

RESUMEN

El presente trabajo plantea una reingeniería para el Camal Municipal de Machala que pretende recomendar las condiciones operativas necesarias para brindar un servicio higiénico y eficiente, pues durante sus años de funcionamiento, no se han efectuado mejoras en el proceso de faenamiento de ganado vacuno y porcino, estancamiento que no corresponde a las crecientes demandas de los consumidores, quienes exigen sus derechos amparados en la legislación ecuatoriana.

El estudio comenzará con la recopilación de información, que se llevará a cabo por medio de visitas al Camal, observación de los procesos, entrevistas con su Director y con demás empleados y usuarios del matadero. Se realizará el levantamiento del terreno y sus instalaciones, pues la administración no cuenta con los planos de la obra civil.

Se estudiarán los procesos de faenamiento para determinar los problemas que se presentan en cada operación y cómo pueden ser éstos superados. Así mismo se analizará la funcionalidad de las instalaciones para establecer las áreas que tienen necesidad de mejoras para que cumplan con su función.

Por medio de la evaluación de la información obtenida se planteará la reingeniería del Camal, que comprende el diseño de un sistema lineal para faenar ganado, el transporte aéreo del animal durante la mayor parte del proceso, la provisión de equipo apropiado para realizar las tareas de faenado y el diseño de un sistema de enfriamiento que permita disminuir la temperatura a la que los productos son entregados para reducir en ellos el desarrollo microbiano

Además se expondrán las normas generales de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) aplicables a plantas faenadoras de ganado, lo que permitirá asegurar, a usuarios y consumidores, la inocuidad de las carnes y subproductos elaborados en el camal.

Finalmente se buscará respaldar la viabilidad de esta propuesta mediante la evaluación de los aspectos técnicos, económicos y la capacidad del proyecto para cumplir con la legislación nacional de mataderos.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGIA.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE PLANOS.....	X
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1. Del Ganado a faenar.....	2
1.2. Del Proceso.....	6
1.3. De los Productos.....	9
CAPITULO 2	
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	14
2.1. Información general de la empresa.....	14
2.2. Aspectos Económicos y Administrativos.....	20
2.3. Descripción del proceso actual.....	26
2.4. Alcance del proyecto de reingeniería.....	33

2.5. Objetivos a alcanzar.....	34
--------------------------------	----

CAPITULO 3

3. ELABORACION DE LA PROPUESTA.....	36
3.1. Determinación de la nueva capacidad del camal.	36
3.2. Tecnología recomendada.....	38
3.3. Distribución de áreas: operativas y administrativa.....	39
3.4. Diseño del proceso.....	49
3.5. Diseño del sistema de enfriamiento.....	66
3.6. Selección de equipos.....	90
3.7. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).....	94

CAPITULO 4

4. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....	98
4.1. Aspectos Técnicos.....	98
4.2. Aspectos Económicos.....	108
4.3. Aspectos Legales.....	112

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Amperios
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
C	Carbono
cm	Centímetros
Cl	Cloro
°C	Grados Centígrados
F	Fluor
FAO	Food and Agricultura Organization
h	Horas
H	Hidrógeno
J	Joules
K	Grados Kelvin
Kg	Kilogramos
Kg/m lineal	Kilogramos por metro lineal
KJ	Kilo joules
lb	Libras
M	Masa
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
mm	Milímetros
min	Minutos
OMS	Organización Mundial de la Salud
Plg	Pulgadas
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de Hidrógeno
s	Segundos
T	Temperatura
Ton	Toneladas
V	Voltios
Vc	Volumen de la cámara
w	Watts

SIMBOLOGÍA

A	Área
Cp	Calor Específico
h	Coefficiente global de transferencia de calor
H	Entalpía
k	Conductividad térmica
α	Difusividad térmica
ρ	Densidad
Fo	Número de Fourier
Bi	Número de Biot
Δ	Gradiente
l	Longitud
Y	Grupo adimensional Y
P	Potencia
q	Flujo de Calor
Q	Cantidad de Calor/Carga
T	Temperatura

INDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.1	Operaciones en cada sección de un matadero.....	6
Figura 2.1	Fachada del Edificio del Camal Municipal de Machala....	15
Figura 2.2	Vista de la nave de carnización del camal.....	17
Figura 2.3	Reses y cerdos sacrificados en el camal vs. Reses y cerdos comercializados en la ciudad de en los últimos 5 años.....	19
Figura 2.4	Organigrama de la empresa.....	23
Figura 2.5	Diagrama de flujo del proceso ante-mortem.....	26
Figura 2.6	Diagrama de flujo de las operaciones de matanza.....	28
Figura 2.7	Diagrama de flujo del proceso post-mortem.....	30
Figura 2.8	Rendimiento del peso de bovinos.....	32
Figura 2.9	Rendimiento del peso de cerdos.....	32
Figura 3.1	Proyección de la demanda de carne en Machala para los próximos 5 años.....	38
Figura 3.2	Distribución de las áreas del matadero.....	41
Figura 3.3	Plataforma y rampa para descarga de ganado vacuno y porcino.....	42
Figura 3.4	Carretillo a rodillo para carril tubular.....	50
Figura 3.5	Línea de Faenado de Reses.....	51
Figura 3.6	Pistola neumática de proyectil prisionero.....	52
Figura 3.7	Cajón de aturdimiento con puerta de entrada en guillotina y puerta lateral de gozne.....	53
Figura 3.8	Medidas que ocupa una res izada.....	55
Figura 3.9	Ubicación del recipiente recolector de sangre de res.....	55
Figura 3.10	Dispositivo para el desuello por tracción, al inicio y al final del proceso.....	56
Figura 3.11	Plataforma ajustable a distintas alturas.....	58
Figura 3.12	Línea aérea para el faenado de cerdos.....	60
Figura 3.13	Carretillo simple para carril tubular.....	61
Figura 3.14	Forma correcta de administrar la electro-narcosis.....	62
Figura 3.15	Canal de res dividida en secciones consideradas como figuras geométricas simples.....	65
Figura 3.16	Cilindro Infinito y sus características.....	72
Figura 3.17	Enfriamiento del cuarto trasero de una res para $h = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$	74

Figura 3.18	Vista lateral y aérea de la cámara frigorífica.....	77
Figura 3.19	Cámara de refrigeración.....	77
Figura 3.20	Constitución de planchas prefabricadas para paredes y techo	79
Figura 3.21	Constitución del piso de la cámara de refrigeración.....	81
Figura 3.22	Ciclo de compresión de vapor en diagrama P-h.....	87

INDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	Ventajas y desventajas de los sistemas de preparación de canales.....	8
Tabla 2	Variantes de sistema de preparación de carne.....	9
Tabla 3	Subproductos de la Industria Cárnica.....	10
Tabla 4	Áreas del Camal.....	16
Tabla 5	Ingresos monetarios por uso del matadero.....	21
Tabla 6	Egresos monetarios por concepto de salarios.....	22
Tabla 7	Egresos Totales.....	22
Tabla 8	Número de animales faenados anualmente en el camal municipal de Machala	37
Tabla 9	Grupos adimensionales para análisis de transferencia de calor.....	70
Tabla 10	Densidad de almacenamiento de las carnes colgadas.....	75
Tabla 11	Dimensiones recomendadas para la cámara frigorífica.....	76
Tabla 12	Propiedades de los refrigerantes.....	86
Tabla 13	Especificaciones de los componentes del sistema de refrigeración.....	90
Tabla 14	Equipo necesario para la línea de ganado vacuno.....	90
Tabla 15	Equipo necesario para la línea de ganado porcino.....	91
Tabla 16	Tiempos de operación de los sistemas de faenado de reses.....	99
Tabla 17	Tiempos de operación de los sistemas de faenado de cerdos.....	100
Tabla 18	Fuentes de contaminación microbiana inicial en las carnes	103
Tabla 19	Costos de equipos y utensilios para faenado de reses.....	108
Tabla 20	Costos de equipos y utensilios para faenado de cerdos.....	109
Tabla 21	Costos de los componentes de la cámara frigorífica.....	110
Tabla 22	Costos del sistema de refrigeración.....	110
Tabla 23	Costos de equipos de oficina.....	111
Tabla 24	Monto inversión inicial.....	111
Tabla 25	Verificación de cumplimiento de la ley en el caso actual y en caso de implementarse la propuesta.....	112

INDICE DE PLANOS

- Plano 1 Plano general del Camal Municipal de Machala
- Plano 2 Distribución del Camal Municipal de Machala por Áreas

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

Las demandas justificadas de la sociedad exigiendo su derecho a la salud pública y la defensa de las condiciones de salud y bienestar de los animales, han obligado a los gobiernos a elevar los estándares de exigencia en la crianza y sacrificio de los animales de carnicería. Las consideraciones a tener en cuenta son amplias y van desde la construcción de los mataderos, la calidad del equipo utilizado, la higiene del personal, los utensilios usados, la inspección ante-mortem, el aturdimiento, el sacrificio, la preparación de la canal, la inspección post-mortem, el almacenaje y la refrigeración/congelación de los subproductos.

1.1. Del ganado a faenar

La producción comercial de carne a nivel mundial ha mejorado mucho a través de los años, produciéndose un incremento significativo en los niveles de rendimiento animal debido a mejoras en los caracteres de tamaño corporal, índice de crecimiento y elevadas proporciones carne:hueso, siendo este último el carácter más apreciado con respecto a la producción de carne. Las actuales razas de ganado existentes en el mundo, son el resultado del uso de la genética combinado con los resultados igualmente importantes de la nutrición, alojamiento y control de enfermedades

Razas

Las principales razas de *ganado vacuno*, criadas para producción de carne a nivel mundial son la Holstein-Frisia y cantidades menos importantes de Hereford, Aberdeen-Angus, Devon, Galloway, Sussex, Poll Colorada, Shorthorn, entre otras⁽¹⁾. En el Ecuador, el ganado vacuno está distribuido de la siguiente manera: 55% de raza criolla, 43% mestizos Holstein F, Brahmán, Cebuina y otros; y una

¹Fuente: Mataderos Industriales, J.F Gracey

mínima proporción corresponde a razas puras y son destinadas a la línea carne, leche y doble propósito⁽²⁾.

Las principales razas de *ganado porcino* usadas para carnicería a nivel mundial son: Large White, Hampshire, Pietrain, Poland China, Duroc y Lacombe ⁽³⁾. En el Ecuador, la población de ganado porcino es el 79% de raza criolla, el 19% son mestizos y apenas el 2% de razas puras⁽⁴⁾.

Oferta de ganado en el País

Mediante el III Censo Agropecuario Nacional, realizado en el 2002 por el proyecto SICA, se contabilizó una población de 4,5 millones de bovinos, 1,5 millones de porcinos y 1,1 millones de ovinos.

En el año 2002 se registró un total de 522,638 bovinos sacrificados en los mataderos del país, lo que representa una producción de 105,430 toneladas métricas de carne a la canal. Las cifras del año de referencia suponían una disponibilidad no superior a 9 Kg. de carne por habitante y por año en el país.

²Fuente: Proyecto SICA, www.sica.gov.ec

³ Fuente: Mataderos Industriales, J.F Gracey

⁴ Fuente: Proyecto SICA, www.sica.gov.ec).

Por otro lado, durante el año de referencia se sacrificaron un total de 426,819 cerdos en los mataderos del país con una producción de 27,664 toneladas métricas de carne a la canal.

De las cifras anteriormente citadas se desprende que la disponibilidad de carne de cerdo en el Ecuador fue de 3 Kg. por habitante y por año.

Consideraciones Ante-mortem

Puesto que el cuidado del ganado afecta directamente la calidad de la carne, tanto en sus características organolépticas como en su capacidad de mantenimiento en el tiempo, se debe tener consideraciones ante-mortem como:

- Proporcionar al ganado el espacio necesario para descansar después de realizar el recorrido entre su lugar de crianza y el matadero.
- El tiempo de permanencia en el corral de descanso debe estar en función del tiempo de viaje y ser de al menos 12 horas para ganado mayor y de 4 horas para ganado menor.
- Se debe mantener seco al ganado.

- Los corrales deben ser limpiados con frecuencia evitando el exceso de humedad tanto de los corrales como del resto del matadero.

1.2. Del proceso

Un camal o matadero se encarga de transformar uno o varios tipos de ganado en carne para el consumo humano.

Secciones de un matadero

En todo matadero se distinguen 3 áreas principales: los establos, la nave de carnización y la sala de suspensión/refrigeración.

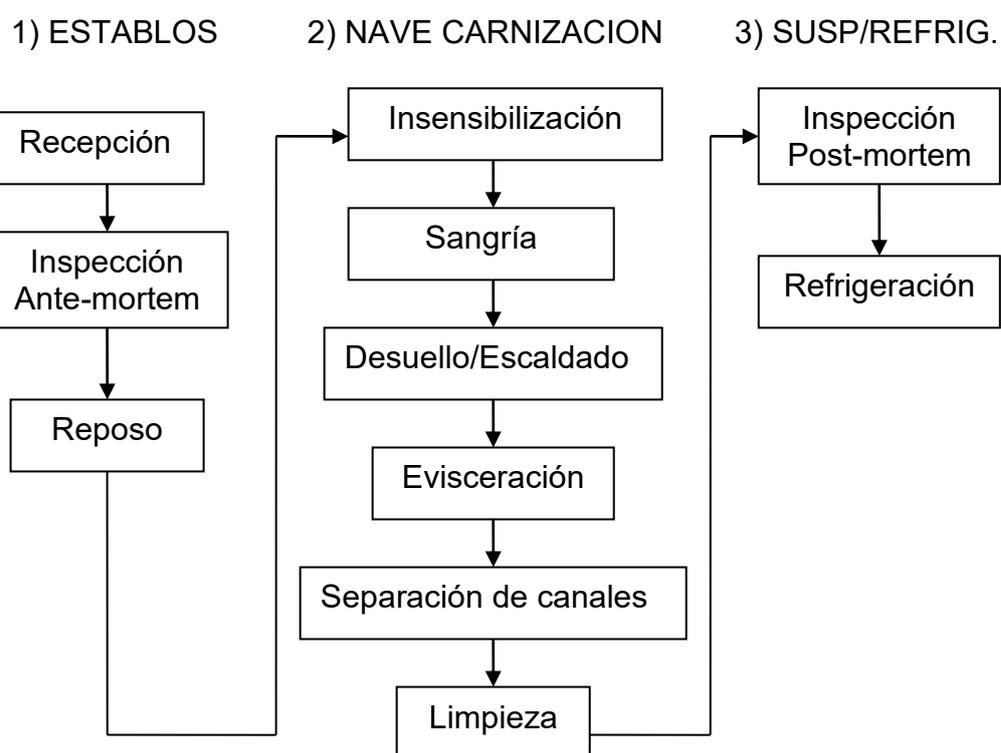


FIGURA 1.1: Operaciones en cada sección de un matadero

Las operaciones siguen normalmente el siguiente patrón: recepción, inspección ante-mortem, reposo, insensibilización, izado, sangría, separación de cabeza y patas, desuello (escaldado en el caso de cerdos), corte del esternón, evisceración, división en canales, limpieza, inspección post-mortem, refrigeración, distribución.

Sistemas de preparación de canales

La preparación de la carne se puede realizar de dos maneras en general: en una mesa de trabajo o sistema de “puesto”, o con el animal suspendido de un carril, lo que se denomina sistema “lineal”.

Sistema de puesto.- En el sistema de puesto, uno o dos matarifes se encargan de todas las etapas de preparación de un único animal, operaciones que se realizan en un solo lugar. La operación de insensibilización se realiza normalmente con este sistema, pero las operaciones posteriores son menos aceptadas por el alto grado de contaminación que sufren los productos.

Sistema Lineal.- Se llama así al sistema donde las operaciones de matanza y preparación de la canal se realizan con el animal suspendido de un carril. Se puede deducir que el sistema en que el animal se mantiene en suspensión es el más higiénico al impedirse

el contacto con el piso y con las partes del animal que se van desechando. Así, mientras más etapas se realicen con el animal colgado, menos posibilidades hay de contaminación y mayores son las posibilidades de aceleración y automatización del proceso.

La Tabla 1 muestra las ventajas y desventajas de cada sistema.

TABLA 1
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE
PREPARACIÓN DE CANALES

	Ventajas	Desventajas
Sistema de Puesto	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel de producción. • Mala higiene: contaminación de la canal y subproductos por su contacto con el suelo y residuos orgánicos. • Disminución del valor comercial y la calidad de los productos.
Sistema Lineal	<ul style="list-style-type: none"> • Índices elevados de rendimiento. • Ahorro de mano de obra. • Higiene: las canales no tocan el suelo. • Ahorro de tiempo: Los obreros no están mucho tiempo desocupados. • La correcta manipulación de los productos aumenta su calidad y valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado nivel de mantenimiento. • Averías pueden causar paradas. • Carácter repetitivo del trabajo para los operarios

Fuente: www.fao.org

Elaborado por Tatiana Pontón

Combinaciones.- Hay que acotar que la preparación de la canal no siempre se realiza estrictamente con un sistema, sino que, normalmente se emplean combinaciones de ambos según las posibilidades del matadero, es decir, se realizan algunas operaciones en puesto y otras en línea. Las variantes de estas combinaciones se aprecian en la Tabla 2.

TABLA 2

VARIANTES DE SISTEMAS DE PREPARACIÓN DE CARNE

Combinaciones	Sistema de puesto	Sistema lineal	Ritmo
a	1. 2. 3.		Aproximadamente de un bovino y cuarto por hombre y hora.
b	1. 2.	3.	Hasta 2 bovinos por hombre y hora.
c	1. 3.	2.	Un bovino y medio por hombre y por hora
d	1.	2. 3.	hasta tres bovinos por hombre y hora

1. Aturdimiento, 2. Sangría y sacrificio, 3. Preparación de la canal

Fuente: www.fao.org

Elaborado por Tatiana Pontón

1.3. De los productos

Los productos obtenidos mediante el procesamiento de ganado en mataderos son: carne fresca o refrigerada, vísceras blancas y rojas, pieles y cueros, y otros subproductos no comestibles.

Carne Fresca

La carne es un alimento de elevado valor nutricional y proporciona proteínas valiosas y esenciales para la vida y el crecimiento. La cantidad de proteínas contenidas en las carnes está entre el 15 y 20%. La carne, además es fuente de minerales como hierro, fósforo, potasio, sodio y magnesio, además de proporcionar vitaminas del complejo B. Aporta entre un 10 y un 20% de grasa (la mayor parte de ella es saturada), tiene escasa cantidad de carbohidratos y el contenido en agua oscila entre un 50 y 80%.

Subproductos de la industria cárnica

En la siguiente tabla se muestra muchos de los subproductos brutos obtenidos en la industria de la carne y sus diversos usos.

TABLA 3
SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA CÁRNICA

Subproductos Brutos	Subproductos Elaborados	Usos
Sangre fresca comestible	Plasma y hematíes	Adhesivo para embutidos, embutidos
Grasa bruta comestible	Grasa comestible, aceite	Fines de fritura, manteca, harina, alimento para mascotas
Hueso fresco comestible	Grasa comestible, trozos de hueso	Manteca, gelatina/harina de hueso, alimento para mascotas.
Estómago	Tripa comestible	Comestible, alimento para mascotas

Subproductos Brutos	Subproductos Elaborados	Usos
Intestinos delgados	transformado	Tripas para embutidos
Intestinos gruesos	transformado	Harina de sangre
Pulmones	transformado	Alimento para mascotas, heparina
Lengua	---	comestible
Corazón	---	comestible
Hígado	---	comestible
Bazo		Alimento para mascotas
Cerebro		Comestible, productos farmacéuticos
Riñón	---	Comestible
Rabo	---	Comestible
Bilis	transformado	Agente de limpieza en la fabricación de cuero, pinturas y colorantes
Piel	Piel prelavada	Artículos de cuero, tripas de colágeno
Patas	Aceite de pezuña, patas, harina	Harina de huesos, sebo, gelatina
Cuernos y pezuñas	Proteína extraída, harina	Extintores de fuego de espuma, abono

Fuente: Mataderos Industriales: Tecnología y Funcionamiento, J.F. Gacey, pag. 60

Subproductos no comestibles

Se denomina *subproducto animal no comestible* a cualquier parte animal o producto de origen animal no destinado para el consumo humano directo, proveniente de un animal muerto, nacido muerto o nonato, que ha sido sacrificado en un lugar no autorizado, o ha sido sacrificado por razones de control de enfermedad o que durante las

inspecciones ha presentado signos de portar enfermedades transmisibles a seres humanos o animales, también se incluye carne alterada que ponga en riesgo la salud humana o animal o que contenga sustancias químicas nocivas que excedan los límites máximos permitidos. Además, se incluyen en esta denominación todos los demás subproducto no aprovechables en la industria local, entre ellos: las cabezas, pelo y pellejo, pezuñas, cuernos y sangre.

Transporte de carne y subproductos

Para transportar la carne y sus subproductos deben tenerse las siguientes consideraciones:

- Mantener la temperatura constante durante todo el viaje
- La carne debe estar colgada durante todo el trayecto y no debe tener contacto con el piso o paredes del vehículo, el que debe estar limpio y sin agujeros que permitan la entrada de insectos y plagas.
- El vehículo destinado al transporte de carne debe ser de uso exclusivo para este fin, no debe tener residuos de sustancias contaminantes o nocivas.
- Las vísceras deben transportarse en contenedores sólidos, limpios e impermeables y apropiadamente separados de la carne fresca si se transportaren en el mismo vehículo.

Temperaturas de almacenamiento

La *carne fresca congelada* debe mantenerse a una temperatura de no más de -17°C , mientras que las *canales refrigeradas* deben permanecer a $+7^{\circ}\text{C}$. Los *despojos* necesitan una temperatura de $+3^{\circ}\text{C}$ para su conservación. Estas temperaturas deben ser mantenidas durante toda la cadena de frío.

CAPITULO 2

3. SITUACIÓN ACTUAL

Según el Proyecto SICA, en el Ecuador existen más de 200 mataderos ubicados el 45% en la sierra, el 38% en la costa y el 17% en la amazonia y Galápagos. De ellos, la mayoría son de propiedad y están administrados por municipios que se dedican a prestar servicios tanto de faenado como de inspección ante y post mortem. En cuanto a su ubicación, el 81% de ellos se encuentran emplazados en zonas urbanas, un 7% está en zonas semi-urbanas y el 12% en áreas rurales.

3.1. Información general de la Empresa

El Camal Municipal de Machala fue fundado en 1922 en las calles Napoleón Mera y Pichincha, y fue trasladado, en 1942, a sus actuales instalaciones en el Barrio Cristo del Consuelo, ubicado al noroeste de la ciudad. En 1993 se realizó la última remodelación y adecuación en el mismo predio donde sigue funcionando hasta la actualidad, esto es, sobre la calle 10ma. Norte No. 1502 entre la Av. Las Palmeras y Vela



FIGURA 2.1: Fachada del edificio del Camal Municipal de Machala

Según la Zonificación Municipal, el área sobre la que se asientan las instalaciones del Camal Municipal de Machala es una Zona Urbana, y el predio y edificios son propiedad de su Municipalidad.

Información sobre el terreno y las instalaciones

Debido a que la Administración del camal no contaba con información sobre el terreno ni sobre la obra civil, se realizó el levantamiento topográfico del terreno y de las instalaciones. El plano elaborado se muestra en el PLANO 1.

A partir de la información de los planos, se realizó la tabla 4, donde se muestra la información relevante sobre las superficies que ocupan las diferentes secciones que forman el camal.

TABLA 4

ÁREAS DEL CAMAL

<i>Descripción</i>	<i>Área (m²)</i>
Área del matadero	548
Área de oficinas	70
Área de establos de reses	276
Área de establos de cerdos	188
Área entrada y salida de vehículos(carnes foráneas)	213
Área entrada y salida de vehículos(ganado y productos)	234
Área destinada al tratamiento de efluentes y desechos	0
Triperías	180
Lavaderos de subproductos varios	67
Baños	33
Laboratorios	25
Otros espacios: áreas abiertas, mangas, bodegas, etc.	1650
Área total del predio	3480

Elaborado por Tatiana Pontón

Tecnología Empleada

El sistema con que opera actualmente el camal es un sistema básico de puesto, donde todas las operaciones de faenado

realizadas a un único animal se llevan a cabo en un mismo sitio y están a cargo de un grupo de matarifes (de 2 a 4). Cada sección cuenta con un mesón y dos lavaderos con sus grifos de agua. El espacio donde se realizan las operaciones de faenado es de 18 m².

Las secciones para el faenado, tanto de reses como de cerdos, son idénticas y están separadas por un corredor central. Existen 4 puestos para el procesamiento de reses e igual número para el faenado de cerdos.

Al fondo del galpón se encuentran las triperías que cuentan con un área de 180 m², divididas en 10 puestos, los cuales cuentan con un mesón de 1 m² y una cocina para escaldar pieles y estómagos. Las triperías tienen una capacidad para el trabajo de 30 personas a la vez.



FIGURA 2.2: Vista de la nave de carnización del Camal**Capacidad**

En el Camal Municipal de Machala se faenan un promedio diario de 35 reses y 45 cerdos, con pesos promedio de 350 Kg. por res y 100 Kg. por cerdo.

El régimen de funcionamiento de la Planta es de 8 horas al día en un horario de operación de 03:00 a.m. a 11:00 a.m. La planta trabaja 6 días a la semana de lunes a sábado, y un total de 312 días al año.

Dado que el tiempo necesario para faenar una res es de 50 minutos, y para cerdos de 40 minutos, la capacidad pico del matadero usando todos sus puestos de trabajo a la vez es de aproximadamente 40 reses y 50 cerdos diarios.

Cobertura de la demanda

En Machala se comercializan en la actualidad alrededor de 80 reses y 50 cerdos diariamente, los cuales provienen de

haciendas ubicadas en la periferia de la ciudad y en otros cantones de la provincia.

El 45% de las reses y el 90% de los cerdos comercializados en la ciudad son faenados en su camal municipal y el porcentaje restante en otros camales de la provincia.

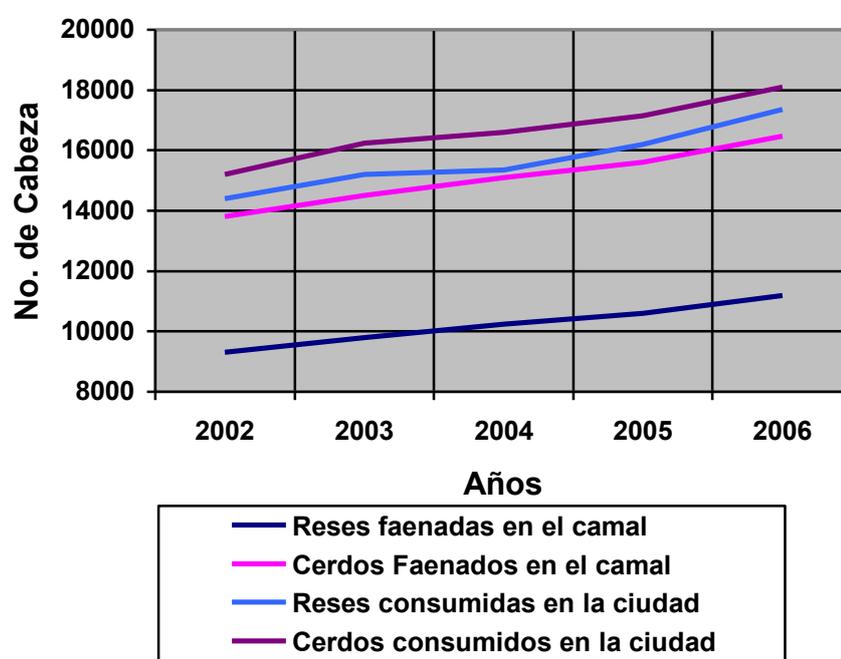


FIGURA 2.3: Reses y cerdos sacrificados en el camal vs. Reses y cerdos comercializados en la ciudad de en los últimos 5 años
Fuente: Camal Municipal de Machala
Elaborado por Tatiana Pontón

Las canales de reses y cerdos provenientes de otros camales pasan por un control obligatorio que es realizado por los

veterinarios del Camal de Machala, los que después de las inspecciones obligatorias, sellan las piezas de carne, autorizándolas para su comercialización dentro de la ciudad.

3.2. Aspectos Económicos y Administrativos

Con las actividades que se realizan en el Camal, por ser una institución Municipal, no se pretende obtener ganancias económicas, sino ser autosuficiente económicamente y mantenerse brindando el servicio.

Aspectos Económicos

Ingresos

Los ingresos monetarios que obtiene el Camal provienen de las tasas que se cobra por el uso de las instalaciones.

Se debe abonar por tasa de faenado \$2 por res y \$1 por cerdo. Además, se debe pagar \$0.50 por cada matarife y por cada limpiador de vísceras que usa las instalaciones. Este dinero es abonado por los dueños de los animales, que además se encargan de pagar \$4 a cada operario por el día de trabajo.

Por otro lado, las canales y vísceras provenientes de otros camales que van a ser comercializadas en la ciudad abonarán \$0.50 por la inspección obligatoria por la que deben pasar para obtener la autorización de comercialización.

TABLA 5

INGRESOS MONETARIOS POR USO DEL MATADERO

Concepto	Cantidad diaria	Cantidad mensual	Precio unitario \$	Ingresos mensuales \$
Faenado de Reses	35	910	2	1820
Faenado de Cerdos	45	1170	1	1170
Matarifes	20	520	0,5	260
Trabajadores Triperías	20	520	0,5	260
Inspección obligatoria	50	1300	0.5	650
Total				4160

Fuente: Camal Municipal de Machala

Elaborado por Tatiana Pontón

Egresos

Los egresos del Camal provienen principalmente de los salarios pagados a los empleados fijos y por concepto de servicios básicos e insumos varios.

Los cargos de los empleados y sus salarios se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 6
EGRESOS MONETARIOS POR CONCEPTO DE SALARIOS

Empleado	Salario (\$)
Director	750
Jefe Área Bovinos	450
Jefe Área Porcinos	450
Jefe Área Vísceras	450
Secretaria Recaudadora	250
Ayudante Área Porcinos	200
Ayudante Área Bovinos	200
Encargado limpieza 1	150
Encargado limpieza 2	150
Encargado limpieza 3	150
Conserje	150
Total	3350

Fuente: Camal Municipal de Machala
Elaborado por Tatiana Pontón

Los costos fijos totales que se generan en el Camal Municipal de Machala se detallan en la tabla 7.

TABLA 7
EGRESOS TOTALES

Concepto	Salario (\$)
Salarios	3350
Servicios básicos (agua, energía eléctrica)	300
Botas, mandiles, cofias, etc	100
Insumos de oficina	200
Utensilios de repuesto	250
Total	4200

Aspectos Administrativos

Los empleados fijos del Camal tienen los siguientes cargos y la siguiente estructura organizacional:

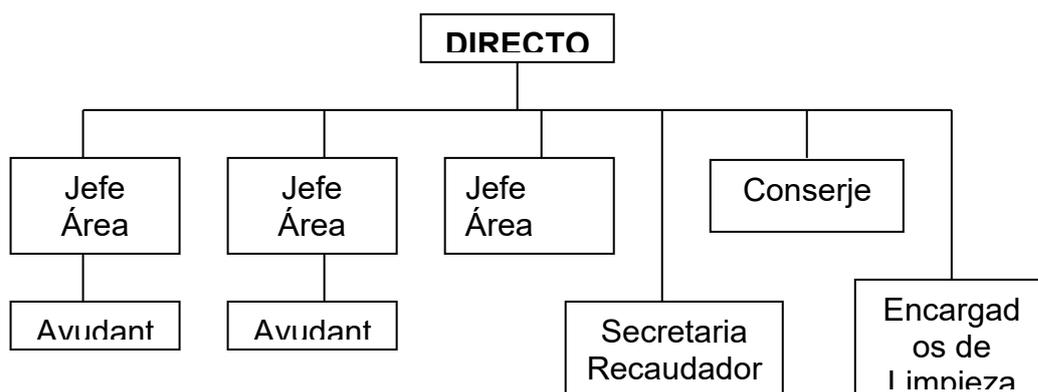


FIGURA 2.4: Organigrama de la empresa

Fuente: Camal Municipal de Machala

Elaborado por: Tatiana Pontón

Descripción de Funciones

Los empleados del Camal tienen encomendadas las siguientes funciones de acuerdo a su rango:

Director

Es el cargo más alto del Camal y la persona que lo ejerce tiene la responsabilidad de supervisar todas las actividades que se desarrollan en el Camal. Estas actividades son las siguientes:

- Ser responsable del Camal ante la Municipalidad de Machala.
- Mantener el Matadero en funcionamiento.
- Estar pendiente de todo lo que ocurre durante los procesos.
- Coordinar las actividades con los jefes de las diferentes áreas.
- Mantener a los empleados informados sobre las decisiones tomadas.

Jefes de Áreas

- Ser responsables de los procesos llevados a cabo en sus áreas.
- Realizar los exámenes ante y post-mortem.
- Dirigir el mantenimiento de sus áreas
- Decidir el destino (distribución o decomiso) de las carnes y subproductos faenados en el Camal.

Ayudantes

- Realizar las tareas asignadas por el Jefe de su área.
- Comunicar cualquier anomalía a su inmediato superior.
- Ayudar a controlar las operaciones en los días congestionados.

- Mantener limpio el laboratorio y los instrumentos de inspección.

Secretaria Recaudadora

- Realizar el cobro de las tasas por uso del Camal.
- Receptar los documentos de ingreso del ganado: certificado CONEFA (de estar libre de fiebre aftosa) y contrato compra-venta.
- Realizar la contabilidad de las finanzas del Camal.

Encargados de limpieza

- Mantener limpias las áreas de procesamiento y triperías.
- Mantener limpia el área administrativa.
- Mantener limpios los baños, bodegas, establos, etc.

Conserje

- Vigilar las instalaciones del Camal fuera del horario de trabajo.
- Recibir el ganado que llega en horas de la tarde.
- Cuidar al ganado durante su descanso.

2.3. Descripción del proceso actual

Las operaciones de faenado que se llevan a cabo en el Camal se dividen en 3 etapas: proceso ante-mortem, operaciones de matanza y proceso post-mortem.

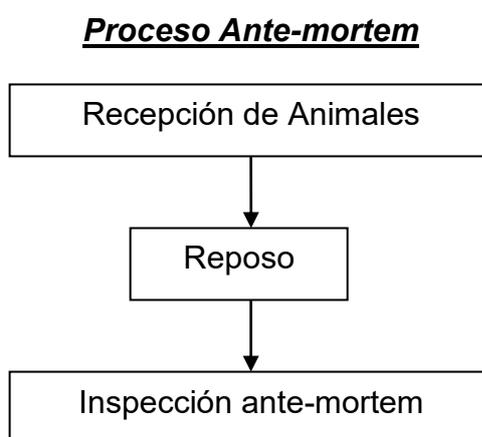


FIGURA 2.5: Diagrama de flujo del proceso ante-mortem

Recepción de animales

Los animales llegan al Camal por vía terrestre hasta la playa de desembarco, donde pasan de su vehículo de transporte a una plataforma (1,06 m de altura, 7,70 m de longitud y 4,40 m de ancho), desde donde descienden por una rampa (de 11° de inclinación) para ser trasladados a los corrales de descanso. La plataforma y la rampa sirven para el ingreso tanto de ganado vacuno como de ganado porcino.

A su entrada, los animales son identificados por su finca de origen y nombre de su dueño/responsable.

Reposo

Los animales llegan la tarde anterior al sacrificio, lo que asegura su permanencia en los establos de descanso de 9 a 12 horas antes de la faena. Durante el reposo, los animales no son alimentados pero sí hidratados, esto permite reducir el riesgo de contaminación de la canal con el contenido ruminal y heces fecales.

Inspección ante-mortem

Consiste en un examen visual del estado físico de los animales por parte del veterinario encargado. Se revisan lengua y pezuñas, se examina en las ubres señales de fiebre aftosa, se busca manifestaciones de movimientos descoordinados o presencia de sangre en la orina, todos ellos signos inequívocos de un mal estado de salud en el animal. Así, si se encuentra un animal sospechoso, se separa de los demás para evitar una posible contaminación de los animales sanos y de considerarse necesario se procede a un sacrificio de emergencia.

Operación de matanza y preparación de la canal

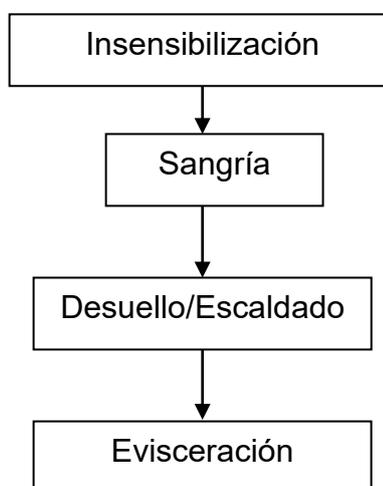


FIGURA 2.6: Diagrama de flujo de las operaciones de matanza

Insensibilización

Consiste en realizar una incisión con un cuchillo al nivel de la articulación atlanto-occipital para seccionar el bulbo raquídeo (medula oblonga) bloqueando el mecanismo sensitivo. El animal cae al piso donde se realizarán las operaciones posteriores.

Sangría

Se realiza una incisión por detrás de la mandíbula que corta las arterias principales y provoca la expulsión de la sangre del animal por la acción del bombeo de su corazón mientras éste

sigue vivo. Se espera que la mayor cantidad de sangre pueda ser expulsada mediante esta operación.

Desuello/Escaldado

Posterior al desangrado, se procede al desuello de las reses y al escaldado y depilado de los cerdos.

El desuello consiste en retirar la piel de la res, para lo que primero se retira la cabeza y las patas con la ayuda de cuchillos y hachas, y luego se procede a desprender consecutivamente la piel de las piernas, muslos, ancas y parte alta de los flancos, y finalmente a lo largo de la región dorsal desde donde se desprende en una sola pieza.

En el caso de los cerdos, estos se introducen en una piscina con agua a 60°C por aproximadamente 10 minutos y luego se levantan a un mesón donde se retira el pelo con la ayuda de cuchillos.

Evisceración

Para la evisceración se requiere primeramente cortar el esternón mediante una incisión en la línea blanda del pecho. Luego se hace un corte longitudinal desde el cuello hasta los genitales del animal dejando expuestas las vísceras. Se liga el recto con una banda elástica y se tiene mucho cuidado al desprender las vísceras, pues si se produce una ruptura, los líquidos internos viscerales pondrían ponerse en contacto con el músculo del animal, contaminándolo.

Los estómagos y los intestinos pasan a las triperías donde serán lavados y escaldados, mientras que el corazón, hígado, riñones y lengua pasan a la sala de inspección post-mortem donde son examinados por el veterinario para comprobar su buen estado.

Proceso Post-mortem

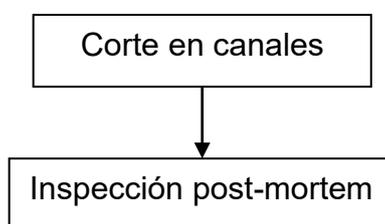


FIGURA 2.7: Diagrama de flujo del proceso post-mortem

Corte en canales

Se corta la carcasa en canales, que es la unidad más común de transporte y comercialización de carne al por mayor, o se puede dividir al animal en piezas más pequeñas dependiendo de su destino.

Inspección post-mortem

El examen de la canal es visual. La carne debe tener una apariencia higiénica, verse limpia y no sanguinolenta. El examen hecho a las vísceras comestibles consiste en realizar incisiones para observar si el tejido tiene apariencia normal. Si se encuentran señales de patología en las vísceras, estas son decomisadas y separadas como desecho no comestible. Los desechos identificados como material de decomiso son enviados al botadero municipal

Si la salida de la canal o piezas de carne es autorizado se aplica un sello de acreditación.

Rendimiento

A continuación se muestra la composición del ganado vacuno y porcino y su rendimiento en carne y subproductos.

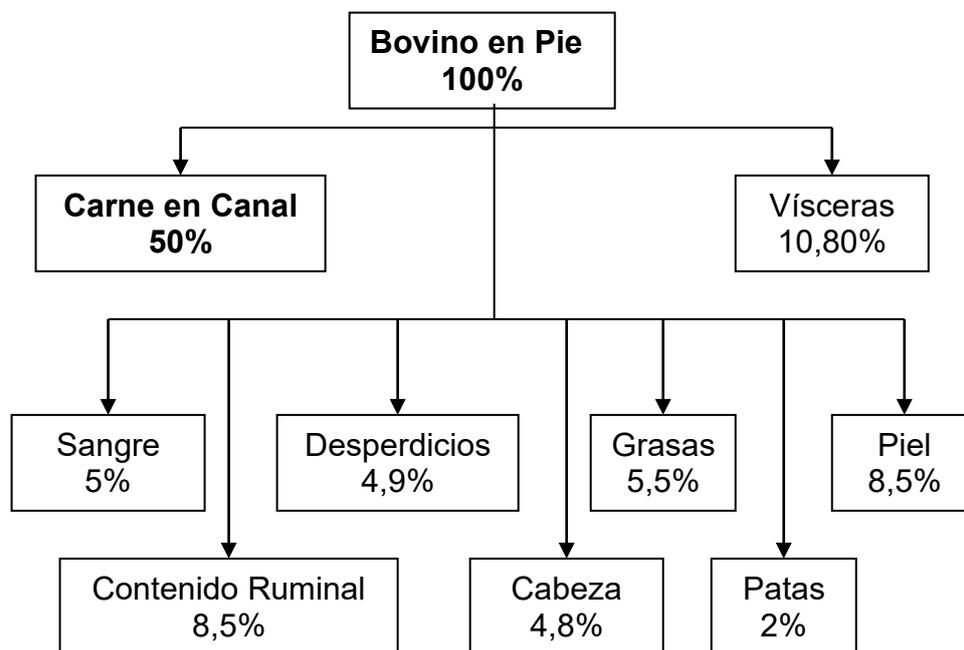


FIGURA 2.8: Rendimiento de bovinos
Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

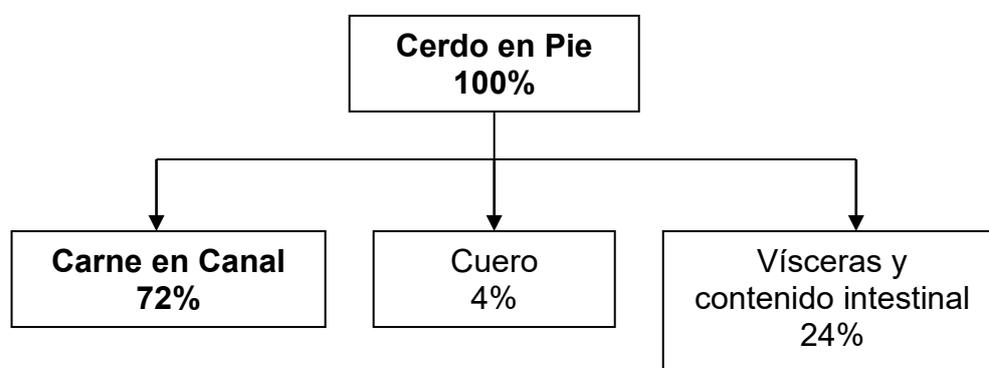


FIGURA 2.9: Rendimiento de cerdos
Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

Descripción y Listado de Equipos

Los operarios usan las siguientes herramientas de trabajo:

Cuchillos.- De acero inoxidable y con filo agudo para asegurar su precisión en el corte. Los mangos son de material plástico.

Hachas.- Se tienen las mismas consideraciones que con los cuchillos

Balanzas.- Cada grupo de matarifes cuenta con su propia balanza donde se pesan las piezas de carne.

2.4. Alcance del proyecto de reingeniería

De acuerdo con lo manifestado por la administración del Camal Municipal de Machala, el Municipio de la ciudad está dispuesto a realizar una inversión razonable para la adquisición de equipos y renovación de las instalaciones a fin de mejorar el servicio.

La reingeniería del Camal comprende el diseño de un sistema lineal para faenar ganado, el transporte aéreo del animal durante la mayor parte del proceso, la provisión de equipo adecuado para realizar las tareas de faenado y el diseño de un sistema de

enfriamiento que permita reducir la temperatura de las canales y, a su vez, reducir la proliferación microbiana.

Todo esto puede traer consigo potenciales beneficios económicos para la administración, al hacer el proceso más rápido, eficiente e higiénico, abrir nuevos mercados a sus productos y al evitar sanciones en cuanto a incumplimiento de la legislación ecuatoriana sobre mataderos.

2.5. Objetivos a alcanzar

Elaborar una propuesta de reingeniería para el Camal Municipal de Machala que contemple el diseño de un nuevo sistema para el faenado de ganado vacuno y porcino, que permita agilizar el proceso, hacerlo más higiénico, más rápido y acorde con las crecientes exigencias de los usuarios y consumidores actuales y potenciales.

Brindar un nuevo servicio de refrigeración de canales de res por medio del diseño de un sistema de enfriamiento que permita retirar calor de las carnes después de preparadas para alargar su capacidad de conservación y elevar su calidad.

CAPITULO 3

3. ELABORACION DE LA PROPUESTA

3.1. Determinación de la nueva capacidad del Camal

Para hacer la inversión en la reingeniería de la planta, es recomendable tomar en cuenta el aumento de la demanda, haciendo proyecciones para por lo menos los 5 años posteriores a la implantación del proyecto. Luego de este lapso las necesidades del mercado habrán cambiado significativamente y el camal podría trasladarse a una zona rural como lo dictamina la ley y lo planifica la Municipalidad de la ciudad.

Contamos con información de las tasas de faenamiento anual del camal, tanto de reses como de cerdos de los últimos 5 años y basándonos en el incremento anual que se ha producido en los años anteriores podemos realizar una proyección de lo que se espera para los futuros 5 años.

TABLA 8

**NUMERO DE ANIMALES FAENADAS ANUALMENTE EN EL
CAMAL MUNICIPAL DE MACHALA**

Año	No. Reses Faenadas	No. Cerdos Faenados
2002	9300	13800
2003	9800	14500
2004	10230	15100
2005	10600	15600
2006	11200	16470

Fuente: Camal Municipal de Machala

Elaborado por Tatiana Pontón

El incremento promedio del No. de reses faenadas cada año es del 4.8%, mientras que, en el caso de cerdos, el incremento promedio en la tasa de faenamiento anual es del 4.2%. Con estos valores que representan la pendiente de la gráfica de la proyección de la demanda observamos el siguiente comportamiento:

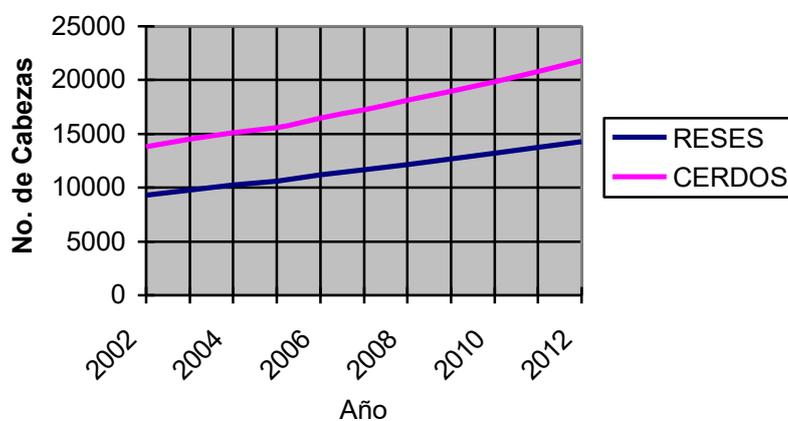


FIGURA 3.1: Proyección de la demanda en el Camal Municipal de Machala para los próximos 5 años.

Elaborado por Tatiana Pontón

Así, si continúa la tendencia actual de incremento de la demanda del servicio de faenado, la demanda que afrontará el Camal Municipal de Machala en el año 2011 será de 14300 reses y 21800 cerdos, considerando un año de 312 días laborables, se alcanzaría con una capacidad efectiva de 45 reses y 70 cerdos diarios.

3.2. Tecnología recomendada

Si analizamos las ventajas y desventajas de los sistemas de puesto, lineal, y sus combinaciones, mencionados en el Capítulo 1; y las necesidades de ajustar el proceso del matadero de Machala a los métodos actuales usados en los mataderos modernos, podemos formular la siguiente recomendación:

Implementar un sistema combinado donde se realice la operación de aturdimiento en el sistema de puesto o cubículo de aturdimiento y se utilice el sistema aéreo lineal para todo el proceso posterior, que incluye la sangría, la preparación de la canal, traslado de la canal hacia la cámara de refrigeración y finalmente hacia su salida al cajón del vehículo de transporte.

Así mismo, se debe incluir equipamiento mecánico de soporte para las operaciones que lo requieren, como el aturdimiento, el desuello, tinas para escaldado, plataformas para la ubicación de los operarios e instrumentos de corte y separación de piezas.

3.3. Distribución de Áreas: Operativas y Administrativa

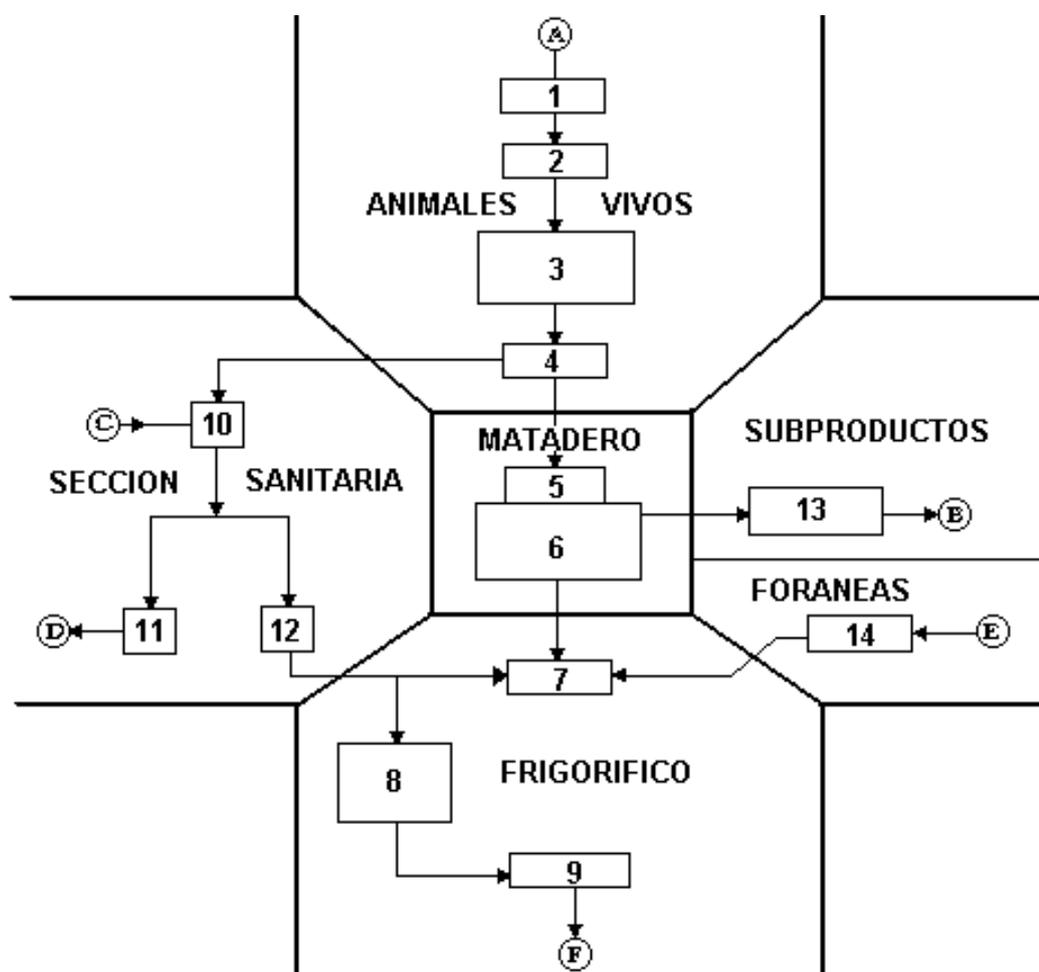
Áreas Operativas

Las principales secciones con las que debe contar un matadero municipal son las siguientes:

1. Área de animales vivos
2. Matadero
3. Sección Sanitaria
4. Área de subproductos
5. Frigorífico

Estas secciones deben estar separadas entre sí por razones higiénicas y de disciplina. De éstas, sólo la última, el frigorífico, es una sección nueva que se sumará a las ya existentes y deberá ser diseñada e incluida para acoplarse a las necesidades del camal. Las demás áreas deberán ajustarse para que cumplan con mayor comodidad y eficiencia la función que les corresponde.

En la figura a continuación se muestra el esquema del camal con las diferentes estaciones que debe atravesar el ganado desde su ingreso hasta la salida de productos y subproductos, para que el proceso sea sencillo y eficiente:



- | | |
|--|--|
| 1. Muelle de descarga de ganado | 8. Frigorífico |
| 2. Admisión de ganado | 9. Muelle de salida de vehículos |
| 3. Establo de descanso | 10. Matadero sanitario |
| 4. Inspección ante-mortem Aturdimiento y Sangría | 11. Destrucción |
| 5. Preparación de la canal | 12. Consumo condicionado Triperías y Mondonguerías |
| 6. Inspección post-mortem | 13. Admisión de carnes foráneas |
| A. Entrada del ganado. | 14. Admisión de carnes foráneas |
| B. Salida de subproductos | D. Salida a relleno sanitario |
| C. Entrada a sección sanitaria | E. Entrada carnes foráneas |
| | F. Salida de carnes |

FIGURA 3.2: Distribución de las áreas del matadero**Fuente:** Los Mataderos, M. Asdrubali y A. Stradelli.**Área de Animales Vivos:****1. Muelle de descarga de ganado.-**

Se plantea dividir la plataforma de desembarque en 2 secciones paralelas: la de las reses que se mantendría con las especificaciones ya existentes, y la de los cerdos que se modificaría disminuyendo la altura de la misma.

La plataforma recomendada tendría las características que se muestran en la siguiente figura:

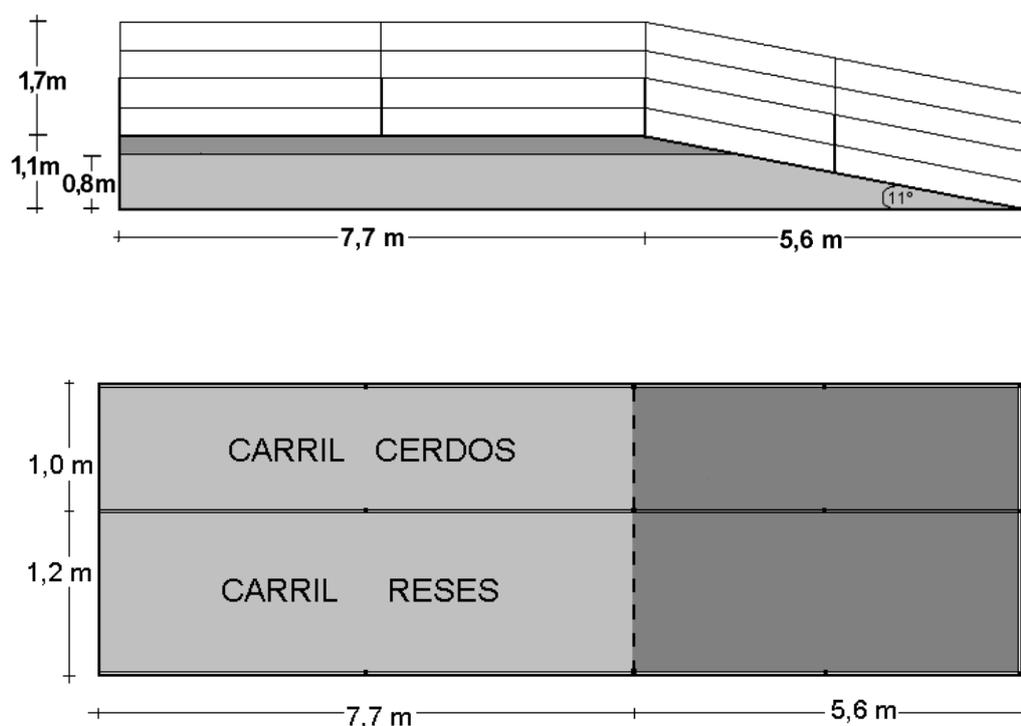


FIGURA 3.3: Plataforma y rampa para descarga de ganado vacuno y porcino

Elaborado por Tatiana Pontón

2. Admisión de ganado.- Antes del ingreso del animal a la zona del ganado vivo se debe realizar un reconocimiento visual, rápido y efectivo por parte del veterinario encargado. La inspección sanitaria revelará las condiciones de los animales y será decisión del veterinario enviarlos a los establos, o, en el caso de que estén heridos o contusionados, siempre se reconoce la conveniencia de enviarlos cuanto antes al sacrificio para prevenir que se agraven.

3. Establos de descanso.- Los establos están separados por especies de ganado, y aquí los animales permanecen durante el periodo de reposo anterior al sacrificio, siempre cumpliendo con el tiempo estipulado en las leyes, exceptuando los casos de sacrificios de emergencia.

Los espacios promedio que ocupan los animales en el establo son de 2.00 a 2.50 m² para un ovino y de 0.80 a 1.00 m² para cada porcino; y dado que el matadero tendrá la capacidad de sacrificar 45 reses y 70 cerdos, las áreas básicas para los establos deben

tener una base para ser calculadas de 115 m² para las reses y de 70 m² para los cerdos. Esta base debe ser complementada con la superficie que los animales necesitan para moverse y para disipar el calor de sus cuerpos. Los establos actualmente cuentan con 4 corrales para reses con un área total de 275 m² y 4 corrales para cerdos con un área de 188 m², por lo que sí se cuenta con el espacio necesario para albergar la capacidad estimada del matadero.

El piso es de pavimento fácilmente lavable con sumideros adecuados para la evacuación de aguas lluvias y de lavado. Los sumideros deben cubrirse con rejillas para evitar a los animales caídas y contusiones. El conserje se encarga de la limpieza de los establos, arrastrando los desechos, con una manguera de alta presión, hacia los drenajes que atraviesan los establos.

Los corredores o mangas para el traslado de los animales son de un ancho de 1,00 m y de 1.70 m de alto, lo que es adecuado para ganado bovino según las normas de la FAO. El ganado porcino se traslada por los mismos corredores ya que estos están formados por 4 tubos horizontales sostenidos con una separación de 0,43 m la una de la otra, lo que impide el escape del ganado menor.

4. Inspección ante-mortem.- Esta etapa tiene por objetivos diagnosticar posibles enfermedades contagiosas y tomar las medidas oportunas para salvaguardar la salud de animales y personas, y, descubrir síntomas de enfermedades en los animales vivos que son muy difícilmente detectables en animales muertos por sus no muy notables evidencias físicas en la carne y subproductos.

La inspección es por otro lado un punto de bifurcación desde el que se dirigen los animales con diferentes destinos dependiendo del resultado de la evaluación: matanza normal (sujetos sanos) o bien al matadero sanitario (animales enfermos, heridos o contusionados, o sospechosos).

El trabajo de la inspección sanitaria es llevado a cabo por cualquiera de los 3 veterinarios que trabajan en el matadero.

Matadero.-

Es muy importante contar con líneas distintas para las diferentes especies, y la misma nave puede usarse para distintas especies mientras los animales se encuentren en suspensión durante todo el proceso, pues no habrá lugar a confusiones. Además se cuenta con

las ventajas de ahorro de espacio, rapidez de limpieza, ahorro en energía eléctrica para iluminación, facilidad de inspección por parte de los veterinarios, entre otras. Por lo tanto, se conservará la estructura interna del matadero y se establecerán dos líneas de proceso una para las reses y otra para los cerdos.

El diseño de las líneas de proceso se explica más adelante.

Sección de Subproductos.- Las partes del animal que van siendo separadas de su cuerpo y son reconocidas como subproductos deben pasar a las salas destinadas para su limpieza (triperías), o a los laboratorios de inspección y posterior almacenamiento/refrigeración.

Los estómagos e intestinos pasan a las mondonguerías y triperías que se encuentran en la misma sala de limpieza; y las cabezas, patas y pieles son llevadas a un pequeño depósito adjunto. Las vísceras blancas y rojas pasan a los laboratorios para ser inspeccionadas.

Así mismo, las carnes y subproductos que se reciben desde otros mataderos para que sean inspeccionadas y certificadas deben entrar por la zona de subproductos, para luego pasar a los laboratorios y ser analizadas por los veterinarios del camal.

Sección Sanitaria.- La sección sanitaria debe contar con todo el equipo para sacrificar a un animal que se encuentra contaminado o bajo sospecha de contaminación. Poseerá la capacidad de procesar a un individuo a la vez en un sistema de puesto en el que se sacrificará y faenará al animal sospechoso.

La carne obtenida en esta sección puede ser destinada a la destrucción o a la aplicación tratamientos de desinfección como cocción, ahumado, y otros tratamientos secundarios que no se justifican por su alto costo y la difícil comercialización de los productos obtenidos, por lo que finalmente se hace necesaria su destrucción.

El sacrificio será realizado por un matarife y se precisa la presencia de uno de los veterinarios del camal para asegurar que el proceso se realice correctamente y que el destino de las carnes y vísceras sea

el designado. El veterinario evalúa la calidad de la carne y vísceras y su aptitud para el consumo humano. Así, todos o alguno de los órganos internos virtualmente infectados serán decomisados y enviados como desecho al botadero municipal.

Frigorífico.- El frigorífico es un área de suma importancia en todo matadero, aunque los altos costos de instalación y de consumo de energía no permitan que se implementen en los mataderos municipales del país. Sin embargo, la refrigeración de las carnes que salen de la nave de carnización es una ventaja que les asegura a estas carnes un mayor tiempo de vida útil y un oportuno comienzo de la cadena de frío.

Más adelante se diseñará el sistema de refrigeración más adecuado para el Camal.

Área Administrativa

El camal cuenta con un área de 70 m² destinados a su sección administrativa. Esta sección está dividida en dos oficinas: una para el director del camal y la otra para su secretaria administrativa. Los

otros 9 trabajadores realizan su trabajo en las áreas operativas por lo que no cuentan con espacio propio en el área administrativa.

La mayor necesidad de la administración es contar con computadores que les faciliten la recopilación y el almacenamiento de datos, así como el manejo de información actual e histórica de los mercados, los procesos y de sus usuarios.

3.4. Diseño del Proceso

Diseño de la línea de faenado de reses

Vías Aéreas

Están destinadas a mantener colgados los animales, sus carcasas y canales y facilitar su transporte mientras siguen el proceso de faenado. En mataderos municipales dedicados al faenado de más de un tipo de ganado, conviene usar un único sistema de carril para facilitar el transporte en vías comunes como hacia el frigorífico y lugar de descarga.

Se deben tener en cuenta algunos factores que determinan cuál es el sistema de carril más adecuado para cada tipo de matadero. Algunas de estas consideraciones son: capacidad del matadero, peso de los animales, disponibilidad de espacio, costos del sistema, costos de los carretillos, número de carretillos, entre otras.

Los sistemas tubulares son prácticos y los más económicos, y pueden ser usados para el traslado de ganado mayor siempre y cuando sean a rodillo para disminuir el esfuerzo que representa el traslado de pesos mayores.



FIGURA 3.5: Carretillo a rodillo para carril tubular

El mantenimiento de este sistema incluye el engrasado continuo de las rieles, la limpieza de suciedad en las vías antes de que caigan y contaminen las carnes y el cuidadoso tratamiento de las canales para evitar posibles descarrilamientos.

Las vías aéreas deberán tener la capacidad de soportar cargas de 500 Kg/m lineal y pueden estar ancladas a vigas dispuestas para este fin.

Diseño de la línea de faenado de reses

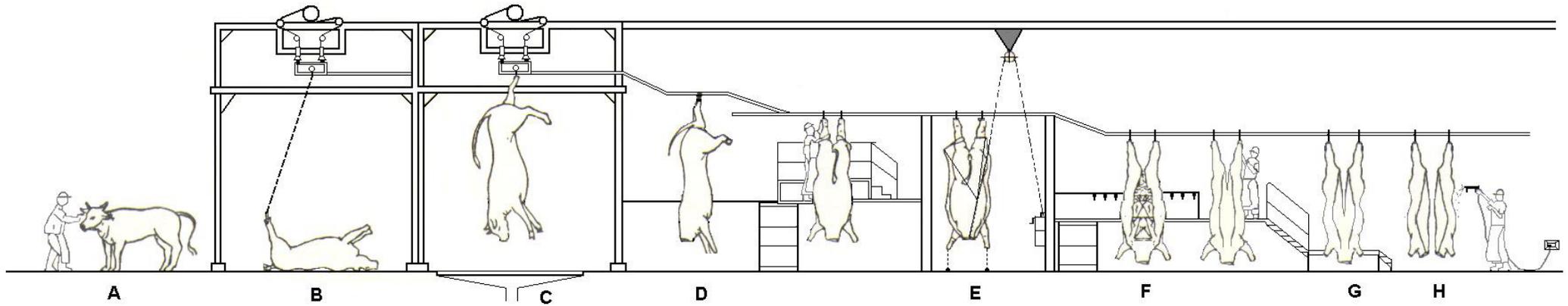


FIGURA 3.4: línea de faenado de reses

Elaborado por Tatiana Pontón

Explicación del proceso

A) Insensibilización

El aturdimiento en animales mayores consiste en incidir en la articulación atlanto-occipital para seccionar el bulbo raquídeo y bloquear el mecanismo sensitivo.

Esta operación se realiza eficazmente con la ayuda de métodos mecánicos como el de la pistola de proyectil prisionero. La pistola está básicamente constituida por un vástago de acero que se desliza dentro de un tubo cilíndrico y que se expulsa violentamente hacia delante para perforar la el cráneo y lesionar el cerebro.



FIGURA 3.6: Pistola neumática de proyectil prisionero

Fuente: Jarvis

El dispositivo usado para el aturdimiento del ganado vacuno es normalmente una jaula construida de acero inoxidable cuyo diseño básico es el siguiente:

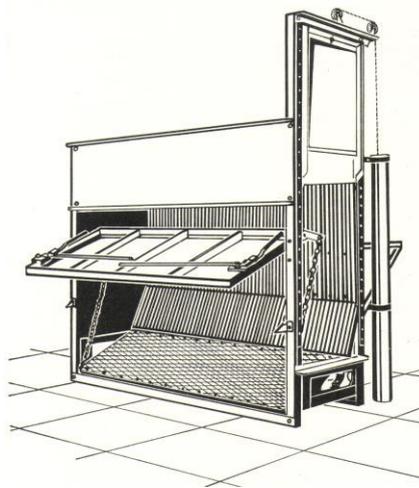


FIGURA 3.7: Cajón de aturdimiento con puerta de entrada en guillotina y puerta lateral de gozne
Fuente: Los mataderos, M. Asdrubali y A.Stradelli

A la entrada del animal, la puerta de ingreso en forma de guillotina se cierra detrás de su grupa, encerrándolo con su cabeza dispuesta para que el matarife efectúe la operación de aturdimiento. Las paredes laterales se tornan inclinadas en la parte inferior evitando el un ángulo de 90° para amortiguar la caída del animal al piso y facilitar la limpieza del aparato. Además, el cajón debe contar con una puerta lateral (de gozne o guillotina) que permite que el animal abatido desocupe el dispositivo y se coloque en posición para su izado y sangría. Sus dimensiones deben ser de 1 de ancho x 2,4 de largo x 1,8 de altura.

B) Izado

Luego del abatimiento y sin demora, se debe proceder al trabado de la extremidad posterior del animal y a su elevación por medio de un polipasto eléctrico o mecanismo de izado.

Un polipasto es un sistema usado para levantar grandes pesos mediante un trabajo moderado que se logra con una combinación de poleas estáticas y móviles, obteniéndose las ventajas de ambas. El polipasto que necesitamos debe tener una capacidad de carga de 1 Ton para la elevación de reses.

C) Sangría

El método general de sangría se practica cortando los gruesos vasos del cuello y permitiendo la expulsión de la sangre contenida en el cuerpo del animal, que finalmente muere desangrado. Se debe proceder con rapidez para asegurar el inmediato comienzo de la muerte y eliminar la posibilidad de recuperación de conciencia. La sangría tarda aproximadamente 6 minutos en todas las especies.

La siguiente figura muestra las dimensiones que ocupada una res colgada al momento de realizar la sangría.

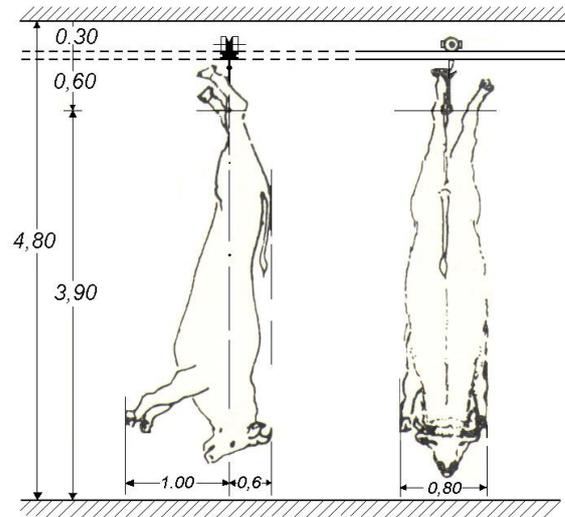


FIGURA 3.8: Medidas que ocupa una res izada
Fuente: Los mataderos, M. Asdrubali y A. Stradelli

El recipiente de recolección de sangre se debe ubicar por debajo del nivel del suelo cubierto con rejillas ubicadas a ese nivel. Puesto que la sangre de res no es usada para alimentación humana ésta se debe desechar.

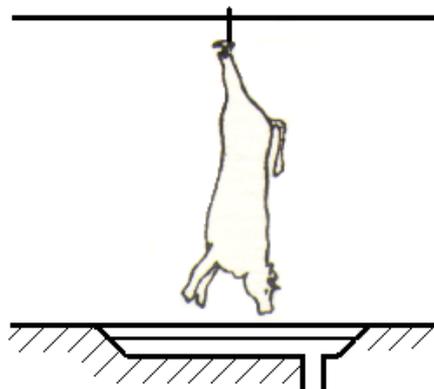


FIGURA 3.9: Ubicación del recipiente recolector de sangre de res
Elaborado por Tatiana Pontón

D) Separación de cabeza y patas

Con el animal izado y cuando la sangre ha sido expulsada casi en su totalidad, se separa la cabeza y las pezuñas con la ayuda de cuchillos en buen estado.

E) Desollado

Para facilitar el proceso de desollado existen mecanismos sencillos, con dispositivos que se sujetan a la piel de la res ya desprendida, por medio de un gancho y cadena, y tiran de ella por medio del movimiento de la cadena, o del animal, o de ambos en sentidos opuestos, desprendiendo la piel.

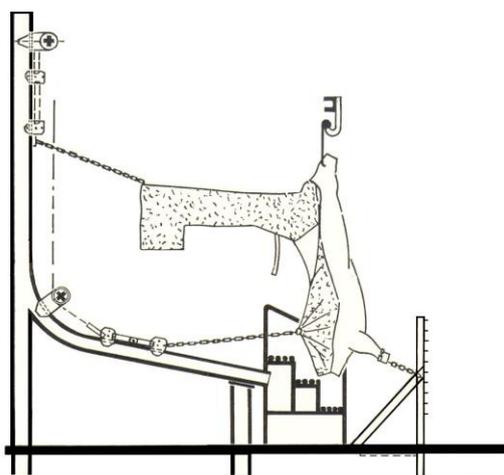


FIGURA 3.10: Dispositivo para el desuello por tracción, al inicio y al final del proceso.

Fuente: www.fao.org. Preparación de carnes de animales grandes

El desprendimiento inicial de la piel se realiza por medio de cuchillos curvos o de sierras de discos dentados y consiste en retirar la piel de las piernas, muslos, ancas y parte alta de los flancos. Al terminar estas operaciones, la piel queda adherida a lo largo de la región dorsal y se procede a accionar el mecanismo que realizará la separación.

F) Evisceración

El procedimiento que se debe seguir para separar las vísceras de las carcazas de carne es el siguiente:

Desprendimiento y Ligazón del recto.- Se debe realizar un corte circular alrededor del ano, limpiarlo con agua y luego cerrarlo con una goma elástica.

Apertura del pecho.- Se realiza luego de la separación del cuero por medio de hachas o sierras eléctricas. Es una operación muy delicada pues si se pincha algún órgano interno la carne se contaminará.

Evisceración.- Primero se separan los órganos genitales y luego las vísceras blancas y rojas. Cuando la canal queda libre de vísceras se procede a lavarla con agua.

Para estas operaciones se requiere que el operario esté ubicado en una plataforma de altura conveniente, que puede ser elevable para distintas estaturas de operarios, o bien fija y provista de una escalera.

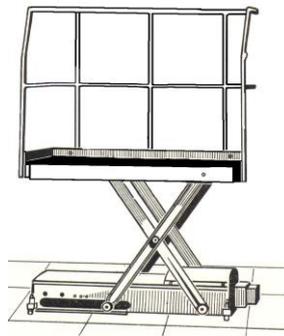


FIGURA 3.11: Plataforma ajustable a distintas alturas.
Fuente: Los mataderos, M. Asdrubali y A.Stradelli

G) Separación de canales

Se realizara con una sierra eléctrica siguiendo la línea de la columna vertebral. Se usan separadores y para ello el operario encargado debe situarse en una plataforma a 1 m sobre el piso.

H) Limpieza de las Canales

La limpieza tiene por objetivo eliminar impurezas como sangre, y restos de membranas, hueso, cartílago, carne, etc, que ha quedado en la canal después del proceso. Se realiza con una ducha de agua de servicio (a 25°C aproximadamente) a presión.

Diseño de la línea para el faenado de cerdos

Algunos de los métodos, procedimientos e instrumentos usados para el faenado de ganado menor tienen mucha coincidencia con los usados para ganado mayor. La diferencia sustancial para los animales menores como los cerdos radica en su menor peso y menores dimensiones.

Diseño de la línea para el faenado de cerdos

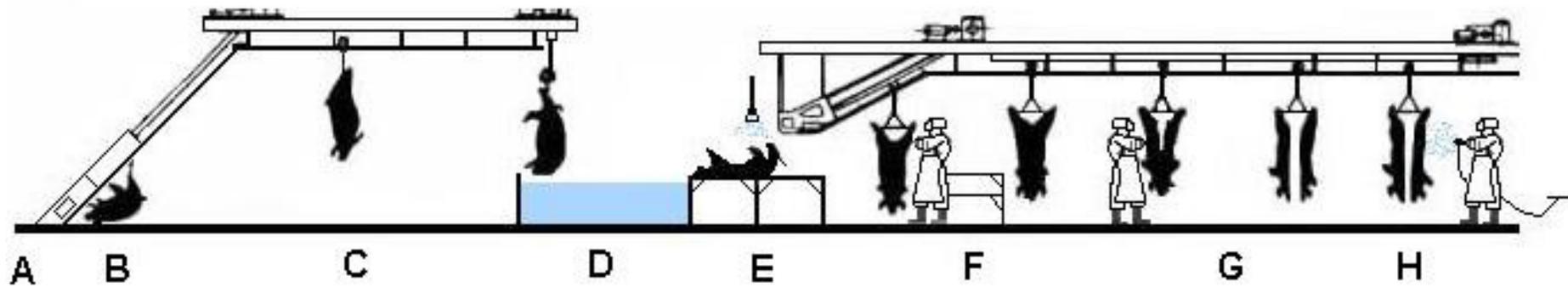


FIGURA 3.12: Línea aérea para el faenado de cerdos

Elaborado por: Tatiana Pontón

Vías Aéreas

Las vías aéreas deben estar una altura 2,30 m. del piso o incluso más para las primeras 2 etapas del proceso.

La altura del galpón de la nave de faenado nos permite recurrir a un sistema eficiente y económico para el transporte de la canal, que es el sistema de carril por gravedad, donde la canal es movida por gravedad de un puesto a otro deteniéndose gracias a “topes de carril”.

El sistema de carril más apropiado para nuestro caso, por su ligereza, resistencia y economía es el tubular sencillo. Los tubos deben ser de 2 plg. (o aproximadamente 60 mm.) y deben tener una capacidad de sostener 200 Kg/m. Serán ancladas a la estructura o a una viga y deben estar sujetas a apoyos cada 1-1,20 m.



FIGURA 3.13: Carretillo simple para carril tubular
Fuente: Los mataderos, M. Asdrubali y A.Stradelli

No son necesarias las plataformas para operarios y los mecanismos de elevación y separación de canales se pueden reducir.

Explicación del Proceso

A) Insensibilización

En el caso de los animales menores como los cerdos, la insensibilización se realiza por medio de electro-narcosis. Se utilizan aparatos muy simples como pinzas o 2 mangos separados, convenientemente aislados, con terminaciones de electrodos que deben colocarse en las regiones temporales, o bien uno sobre la frente y otro sobre la nuca, o ambos a los lados de la nuca. La distancia entre los electrodos es de 10 a 12 cm.

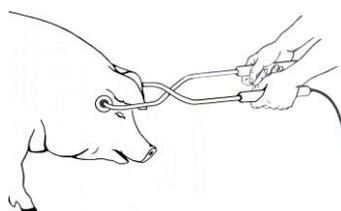


FIGURA 3.14: Forma correcta de administrar la electro-narcosis
Fuente: Manual de sacrificio e industrialización del cerdo, H. Quijano

Existen equipos de alto y de bajo voltaje. Los de bajo voltaje son los más ampliamente difundidos por su eficacia en el aturdimiento de cerdos, si bien no son muy efectivos para el trato de caprinos. La

FAO/OMS recomienda el uso de corriente alterna con un voltaje de 75 V como mínimo y un amperaje de 0.25 A por un espacio de tiempo de 7 a 10 segundos.

Para asegurar la inmovilidad del animal y la fácil aplicación del choque eléctrico es necesario el uso de un dispositivo de aturdimiento aunque con dimensiones adaptadas a ganado menor, es decir de unos 70 cm. de alto y de 1,20 m de longitud.

B) Izado

Inmediatamente después de la descarga del animal desde el dispositivo de aturdimiento, éste debe elevarse por las patas traseras con la ayuda de un polipasto eléctrico de 100 Kg. de capacidad.

La altura a la que deben ser elevados los cerdos en esta primera parte del proceso es de 2,50 m, y por tanto, será esta la altura inicial de la vía aérea.

C) Sangría

Con el animal en posición vertical, se procederá al corte de las arterias del cerdo con un movimiento rápido de cuchillo. La sangría en los cerdos tarda de 6 a 8 minutos.

La sangre extraída debe ser recolectada en recipientes adecuados para ello, pues la sangre de cerdo es apreciada para la fabricación de embutidos y debe evitarse cualquier tipo de contaminación.

El largo del carril usado para la operación de sangrado será de 3 m, lo que permitirá que se realice esta operación a 2 cerdos a la vez y el ritmo de trabajo sea suficientemente rápido para satisfacer las necesidades de la demanda.

D) Escaldado

Debido a que la piel de los cerdos no se retira pues es apreciada por los consumidores, ésta no se retira de la canal sino que se le eliminan las cerdas por medio del escaldado.

La operación de escaldado se realiza con el objetivo de ablandar la unión de las cerdas con los folículos. Se efectúa en un recipiente con agua caliente a alrededor de 60°C por un tiempo de 5 a 6 minutos. Mayores temperaturas y tiempos provocarán daños en el tejido subcutáneo que degradan la calidad de los productos.

E) Depilación

La depilación se realiza en el ganado porcino con el objetivo de retirar la mayor cantidad de pelo posible y destinar la piel del animal para la alimentación humana. Se efectuará en mesas de trabajo de 0.80 cm. sobre el nivel del piso. Se puede usar simples cuchillos para la depilación a mano, depiladores eléctricos o bien mecanismos oscilantes o de llama. La depilación manual puede tardar de 6 a 8 minutos y es el método más conveniente cuando los ritmos de procesamiento son bajos.

El chamuscado es un complemento a la depilación y es muy útil para eliminar pelo en lugares de difícil acceso y se realiza con mecanismos simples de llama generalmente a gas.

F) Segundo Izado y Evisceración

Se iza el animal para colocarlo nuevamente en posición vertical y se procede a lavar su piel para eliminar estos restos de pelo que puedan haber quedado.

Para la Evisceración podemos adoptar el mismo procedimiento que el ya descrito para reses.

G) Separación de Canales

Se recomienda usar una sierra eléctrica de menores dimensiones que la usada para reses para hacer el trabajo más preciso. Cabe recalcar que en el caso de cerdos, la cabeza no se desprende de la canal sino que se realiza un corte transversal para desprenderla de las vértebras y proceder a la separación con facilidad.

H) Limpieza

Se siguen las mismas recomendaciones para la limpieza de canales de ganado mayor.

3.5. Diseño del sistema de refrigeración

Una cámara de refrigeración cumplirá la labor de pre-refrigerar la carne de res, inmediatamente después de concluida su preparación, con el objetivo de evitar el rápido desarrollo microbiano. Nos limitamos a diseñar una cámara para refrigeración de reses y no de cerdos debido a que los segundos generalmente se comercializan con piel, cabeza y patas, y, por lo tanto, su proceso de refrigeración y desarrollo microbiano son más complejos y menos justificables para el mercado local.

La forma y el gran tamaño de las canales hacen que la refrigeración sea muy lenta y deba ser compensada con una rápida circulación de aire. Esto produce un “oreo superficial” que consiste en la disminución de la humedad de una pequeña fracción de la superficie, que al alcanzar el 90% de humedad inhibe significativamente el desarrollo de microorganismos.

Por lo tanto, nos inclinamos por la refrigeración por aire forzado, la cual pre-enfriará las canales y producirá la desecación superficial, ambos con el fin de inhibir la proliferación de microorganismos.

Características de la cámara frigorífica:

- Vía aéreas para el colgado de canales
- Piso aislado, impermeable y antideslizante
- Paredes y techo con aislamiento
- Bordes sellados en uniones y tornillos de acero inoxidable
- Ángulos redondeados entre las paredes y el piso y techo.

Cálculo del Tiempo de Refrigeración

La refrigeración de las canales sigue la 2da ley de transmisión de calor de Fourier que se expresa en la siguiente relación:

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\delta T}{\delta t}$$

donde:

T, temperatura en un punto determinado de coordenadas (x, y, z)

t, medida del tiempo

α, difusividad térmica del sólido

Método de Gurniè-Lurie

La integración de esta ecuación es prácticamente imposible para formas irregulares; pero para figuras geométricas simples como

placas, cilindros y esferas infinitas, los resultados de la integración de la ecuación de Fourier han sido tabulados y expresados en distintos gráficos como los de Gurniè-Lurie. Por lo tanto, para usar estos gráficos debemos separar la canal de carne en figuras similares a aquellas para las cuales existen gráficos de comportamiento como el mostrado en el APENDICE 1 para cilindros.

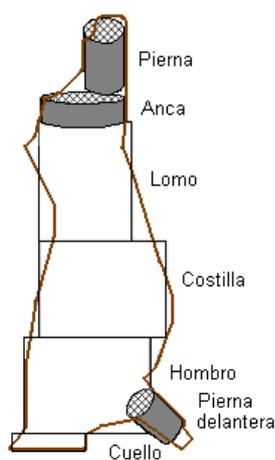


FIGURA 3.15: Canal de res dividida en secciones consideradas como figuras geométricas simples.

La transmisión del calor será más rápido mientras más pequeña sea la distancia que el calor debe recorrer, por lo tanto, si deseamos saber las temperaturas en el punto caliente de una canal durante su proceso de enfriamiento, podemos basarnos en los cálculos de una sola de sus piezas: la más gruesa y por ende, la más significativa, pues será en ella donde el tiempo para que la refrigeración alcance

su centro será mayor. En el caso de una canal de carne de res, ésta pieza sería el anca que será considerada como un cilindro para los cálculos de transferencia de calor.

Para comenzar a estudiar la transferencia de calor en el cuerpo necesitamos usar los siguientes grupos adimensionales:

TABLA 9
GRUPOS ADIMENSIONALES PARA ANALISIS DE
TRANSFERENCIA DE CALOR

Número de Fourier	$\frac{\alpha t}{l^2}$	α, t como los anteriormente citados l mitad de la longitud característica del sistema (en 1 dirección)
Número de Biot	$\frac{hl}{k}$	h coeficiente global de transferencia de calor k conductividad térmica del sólido.
Relación de distancias	$\frac{x}{l} \longrightarrow [0,1]$	x distancia desde el centro hasta el punto donde se quiere determinar la temperatura.
Grupo Y	$\frac{T_s - T}{T_s - T_o}$	T_s del medio que rodea al sólido T_o inicial T a determinar en un punto

Datos:**Propiedades Termo-físicas de la Carne**

Las propiedades termo-físicas de la carne dependen de características propias como su composición, estructura y humedad, y además, de la temperatura a la que se encuentran, presentándose una gran diferencia entre carne por sobre la temperatura de congelación, y por debajo de ella. Los valores de las propiedades a continuación son tomadas de carnes de bovino a temperaturas mayores a 0 °C ⁽⁵⁾.

Densidad, $\rho = 1\,042\text{ Kg/m}^3$

Conductividad térmica, $k = 0,44\text{ W/m K}$

Calor específico, $C_p = 3\,558\text{ J/Kg K}$

Temperaturas:

La temperatura a la que se encuentran inicialmente las canales es de 38°C, mientras que la temperatura recomendada para cámaras de refrigeración es de 2°C⁽⁶⁾ y no menos para evitar congelación del agua superficial. La temperatura final a la que deberán llegar las

⁵Fuente: Propiedades Termo-físicas de la Carne, Ochoa O, Amézquita A, Chejne F. Universidad Nacional de Colombia.

⁶ Fuente: Empleo del frío en la industria de la alimentación, Plank.

canales sería de 16°C para evitar el desarrollo microbiano sin impedir o retrasar significativamente el proceso normal del rigor mortis.

Temperatura de la canal, $T_o = 38\text{ °C}$ (311 K)

Temperatura de la cámara, $T_s = 2\text{ °C}$ (275 K)

Temperatura final a alcanzar por la canal, $T = 16\text{ °C}$ (289 K)

Variable:

El coeficiente de transferencia de calor en la cámara h_c , varía en medida que lo hace la velocidad del aire en la cámara, según la siguiente relación:

$h_c = 12.5 v^{0.8}$ ⁽⁷⁾, donde v es la velocidad del aire que circula en la cámara en m/s.

Recomendaremos una velocidad de aire de alrededor de 1,5 m/s, lo que corresponde a una conductividad térmica de 16 W/m²K

$$h_c = 12.5 (1.5)^{0.8} = 16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

⁽⁷⁾Fuente: Empleo del frío en la industria de la alimentación, Plank.

Definición de las características geométricas de la pieza

La pieza en que analizaremos la transferencia de calor, es el anca, representada por un cilindro infinito con las siguientes características:

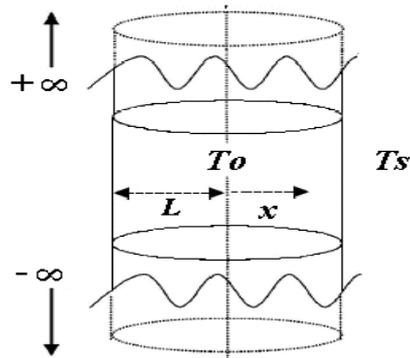


FIGURA 3.16: Cilindro Infinito y sus características

El espesor promedio de un anca de res es de 30 cm, en su lado más angosto o perfil. Los parámetros considerados para los cálculos son: L que representa la mitad del diámetro del cilindro y X que representa la distancia desde el centro de la pieza hasta el punto a analizar.

Diámetro del cilindro = 0,3 m.

$L = 0.15$ m

$X = 0$ (en el centro de la figura)

Gráfico de Gurniè-Lurie para el cilindro

Con los datos planteados, debemos calcular Fo para cada hora del proceso y Bi que se mantiene constante. Con estos números entramos a la gráfica de Gurniè-Lurie para el cilindro, el que nos arroja el valor del Grupo Y para este punto, a partir del cual podemos hallar la temperatura, en el centro de la pieza, en el tiempo determinado.

Resultados:

Para un coeficiente de transferencia de calor de $16 \text{ W/m}^2\text{K}$ a una velocidad de aire en cámara de $1,5 \text{ m/s}$, obtenemos los resultados detallados en el APENDICE 2, los cuales, se expresan en la siguiente gráfica Temperatura-Tiempo:

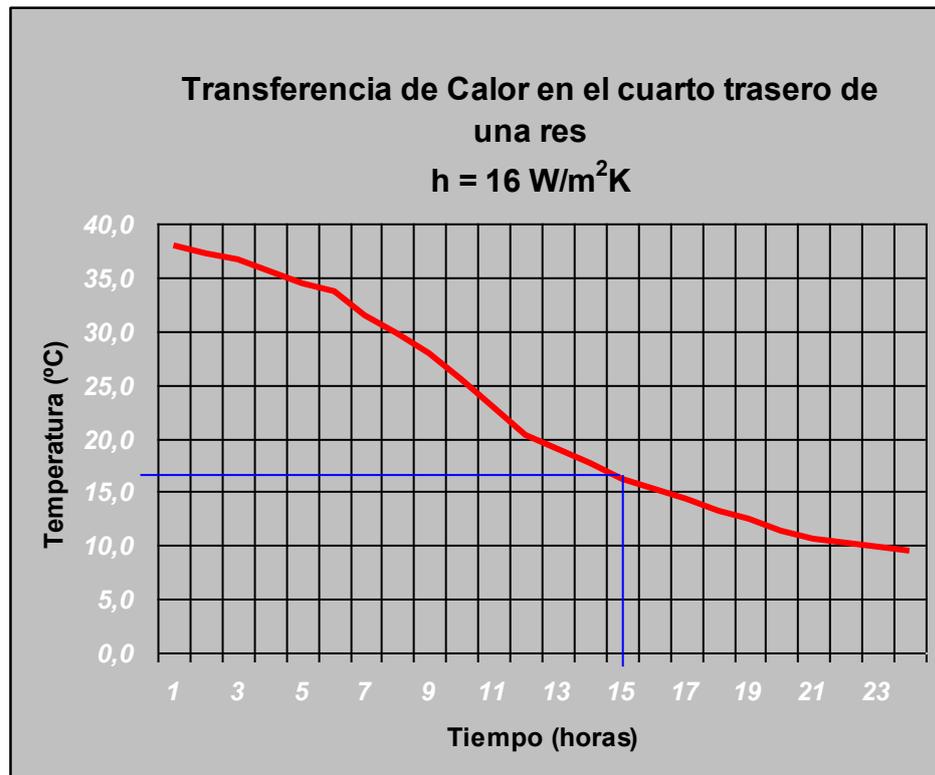


FIGURA 3.17: Enfriamiento del cuarto trasero de una res para
 $h = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Concluimos que con un coeficiente de transferencia de calor de $16 \text{ W/m}^2\text{K}$, a una velocidad de aire de $1,5 \text{ m/s}$; el punto más caliente de la pieza de carne alcanzará la temperatura de 16°C a las 15 h de comenzado el proceso de refrigeración.

Dimensiones

Para calcular las dimensiones de la cámara frigorífica, debemos tener en cuenta los varios factores que suelen ser estándares para el

cálculo del espacio que ocupan las reses colgadas, los espacios entre carriles y con las paredes, etc.

TABLA 10
DENSIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CANALES COLGADAS

Parámetro	Dimensiones
Canales colgada perpendicularmente a la riel	3 canales/m lineal
Densidad de carga	270 Kg./m lineal ⁽⁸⁾
Separación entre rieles	1 m
Separación Riel-Pared	0.5 m
Altura del piso al techo	3.50 m
Altura del piso a la riel	3.00 m

Considerando estos factores y la cantidad de canales que deberá soportar la cámara cuando albergue su máxima capacidad, podemos realizar los siguientes cálculos:

Carga máxima = 90 canales x 90 Kg. por canal = 8,1 Ton

Longitud de riel = Carga máxima/densidad de carga

$$8\ 100\text{Kg}/270\text{Kg}/\text{m lineal} = 30\ \text{m lineales}$$

Número de rieles.- Los 30 m lineales que ocupan las carcazas en las rieles pueden ser arreglados en **6 rieles de 5 m de longitud cada uno.**

Área Total = (espacio ocupado por rieles + espacio entre riel y pared) x (largo de riel + espacio entre riel y pared)

$$= (5+2 \times 0.5\text{m}) \times (5\text{m}+2 \times 0.5\text{m}) = \mathbf{36\text{m}^2}$$

⁽⁸⁾ Consideramos un peso promedio de 90 Kg. por canal de res

$$\text{Volumen Total} = \text{Área Total} \times \text{Altura} = 36\text{m}^2 \times 3.50\text{m} = 126\text{m}^3$$

La siguiente tabla resume las dimensiones escogidas para la cámara:

TABLA 11
DIMENSIONES RECOMENDADAS PARA LA CÁMARA
FRIGORÍFICA

Parámetro	Dimensiones
Altura	3.50 m
Área	36 m ²
Volumen	126 m ³

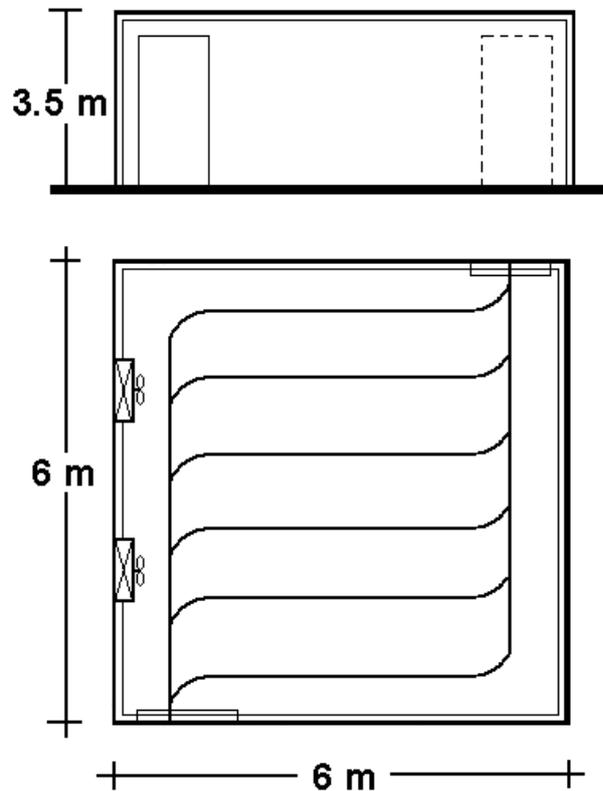


FIGURA 3.18: Vista lateral y aérea de la cámara frigorífica
Elaborado por Tatiana Pontón

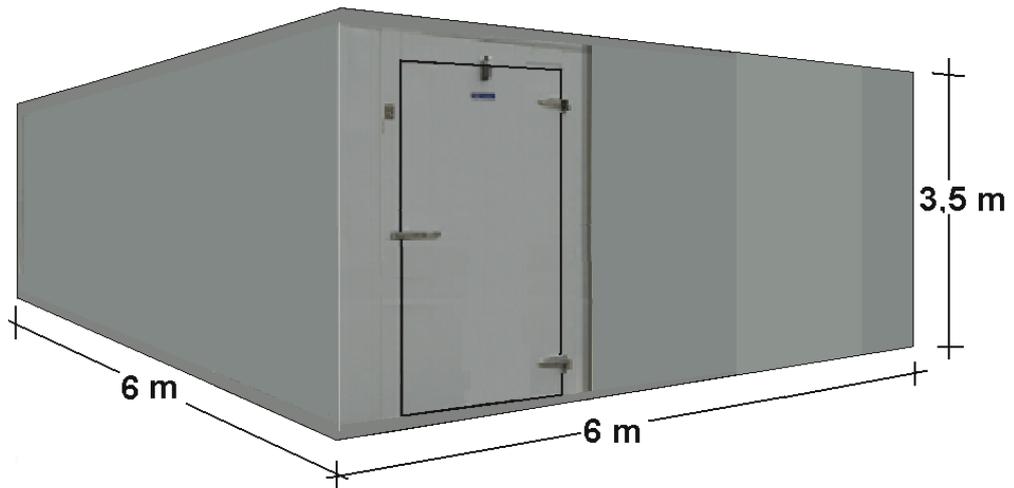


FIGURA 3.19: Cámara de refrigeración
Elaborado por Tatiana Pontón

Cálculo de la Carga

Para mantener fría la cámara y su contenido, necesitamos extraer la carga calórica inicial del producto y la carga que entre a la cámara por motivos normales de ganancia de calor durante el tiempo de refrigeración.

1.- Carga másica

Es el calor que se deberá extraer de las carcasas de carne en el tiempo ya calculado de 15 h

$$Q_1 = \frac{M \cdot Cp \cdot \Delta T}{t_{ref}}$$

$$M = 45 \text{ carcasas} \times 180 \text{ Kg} = 8\,100 \text{ Kg}$$

$$C_p = 3\,558 \text{ J/KgK}$$

$$T_i = 38^\circ\text{C} = 311\text{K}$$

$$T_f = 16^\circ\text{C} = 289 \text{ K}$$

$$t_{\text{ref}} = 15\text{h}$$

$$Q_1 = \frac{(8100)\text{Kg} \cdot 3558\text{J} / \text{KgK} \cdot (311 - 289)\text{K}}{15 \text{ h} (3600 \text{ s} / \text{h})}$$

$$\mathbf{Q_1 = 11\,741 \text{ W}}$$

2.- Flujo a través de las paredes, piso y techo

Paredes y Techo

En el mercado encontramos planchas prefabricadas para la fabricación de cámaras frigoríficas. De ellas, las planchas más adecuadas, por su poder aislante y los pequeños espesores necesarios, son las formadas por un núcleo de poliuretano ($\rho = 38 \text{ Kg/m}^3$) cubierto por ambos lados de láminas de acero (revestidas en aluzinc y pre-pintadas con poliéster blanco para su protección).

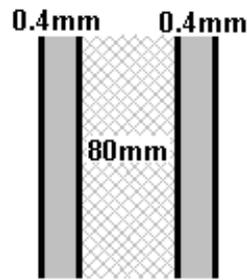


FIGURA 3.20: Constitución de planchas prefabricadas para paredes y techo

$$Q_2' = \frac{A \cdot (T_1 - T_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta X_i}{k_i}}, \quad Q_2' = \frac{A \cdot (T_e - T_i)}{\left(\frac{\Delta X_{\text{acero}}}{k_{\text{acero}}} + \frac{\Delta X_{\text{poliuretano}}}{k_{\text{poliuretano}}} + \frac{\Delta X_{\text{acero}}}{k_{\text{acero}}} \right)}$$

$$A = A_{\text{paredes}} + A_{\text{techo}} = (2(6 \times 3,5) + 2(6 \times 3,5))\text{m}^2 + (6 \times 6)\text{m}^2 = 120\text{m}^2$$

T_e = Temperatura exterior 30°C

T_i = Temperatura interior de la cámara 0°C

$k_{\text{acero}} = 44 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$

$k_{\text{poliuretano}} = 0,020 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$.

$\Delta X_{\text{acero}} = 0.4 \text{ mm}$.

$\Delta X_{\text{poliuretano}} = 80 \text{ mm}$

$$Q_2' = \frac{120\text{m}^2 (30 - 0)^\circ\text{C}}{\left(\frac{0.0004 \text{ m}}{44 \text{ W/m } ^\circ\text{C}} + \frac{0.08 \text{ m}}{0,020 \text{ W/m } ^\circ\text{C}} + \frac{0.0004 \text{ m}}{44 \text{ W/m } ^\circ\text{C}} \right)}$$

$$Q_2' = 900 \text{ W}$$

Piso

El piso también deberá estar revestido de los materiales que forman las paredes y techo. Así el piso será de acero inoxidable y bajo él se colocará una capa de poliuretano, de 80mm de espesor, como aislante.

El piso deberá estar sostenido con estacas de madera (material de baja conductividad térmica), que soportarán el peso del piso de la cámara y evitarán que este colapse sobre la espuma de poliuretano que es una capa suave con un gran contenido de aire en sus intersticios. La madera deberá tener una longitud igual al ancho de la capa de poliuretano que es de 80mm

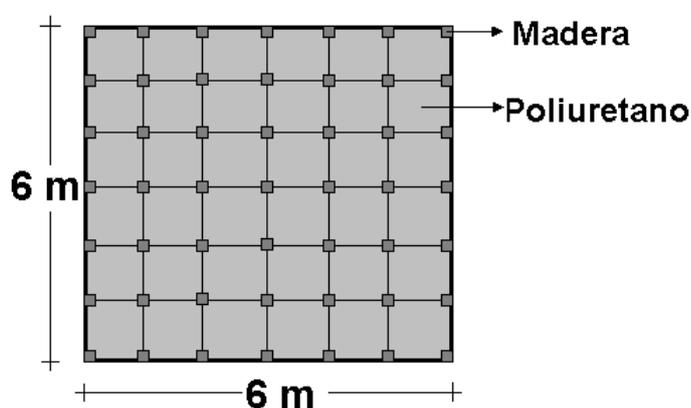


FIGURA 3.21: Estructura del piso de la cámara de refrigeración
Elaborado por Tatiana Pontón

Las estacas estarían ubicadas a una distancia de 1m la una de la otra y tendrían un área de 100 cm².

Número de estacas = 49

Area de estacas = 0.49 m²

Área poliuretano = 30 m² - 0.49 m² = 29.51 m²

Te, Ti, ΔXacero, ΔXpoliuretano = como en el caso anterior del cálculo para paredes y techo

ΔXconcreto = 25 cm

K concreto = 0.9 W/m°C

Kmadera = 0.1 W/m°C

$$Q_2'' = \frac{A_{poliuretano} (T_e - T_i)}{\left(\frac{\Delta X_{acero}}{k_{acero}} + \frac{\Delta X_{poliuretano}}{k_{poliuretano}} + \frac{\Delta X_{concreto}}{k_{concreto}} \right)} + \frac{A_{madera} (T_e - T_i)}{\left(\frac{\Delta X_{acero}}{K_{acero}} + \frac{\Delta X_{madera}}{K_{madera}} + \frac{\Delta X_{concreto}}{K_{concreto}} \right)}$$

$$Q_2'' = \frac{29.51 m^2 \cdot (20 - 2)^\circ C}{\left(\frac{0.0004 m}{44 W/m^\circ C} + \frac{0.08 m}{0.02 W/m^\circ C} + \frac{0.25 m}{0.9 W/m^\circ C} \right)} + \frac{0.49 m^2 (20 - 2)^\circ C}{\left(\frac{0.0004 m}{44 W/m^\circ C} + \frac{0.08 m}{0.2 W/m^\circ C} + \frac{0.25 m}{0.9 W/m^\circ C} \right)}$$

$$Q_2'' = 136 \text{ W}$$

$$Q_2 = Q_2' + Q_2'' = 900 \text{ W} + 136 \text{ W}$$

$$Q_2 = 1 \text{ 036 W}$$

3.- Entrada de aire (al abrir puerta de cámara)

$$Q_3 = \frac{V_c \cdot \Delta h \cdot n}{t_{TOTAL}}$$

V_c = Volumen de la cámara 126 m³

Δh = Calor del aire (obtenido por tablas psicrométricas Hr-T 70 KJ/m³)

n = número de veces que se cambia aire en el día (10)

t_{TOTAL} = 24 horas

$$Q_3 = \frac{126 \text{ m}^3 \cdot 70000 \text{ J/m}^3 \cdot 10}{(24 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h})}$$

$$Q_3 = 1 \text{ 021 W}$$

4.- Calor liberado por la iluminación interior

La cámara se iluminará sólo cuando operarios entren a trabajar en ellas. La iluminación que se usa normalmente es de 10 W/m² en promedio

$$Q_4 = \frac{P \cdot t}{t_{TOTAL}}$$

P = Potencia total de todas las lámparas (área cámara x 10 W/m²)

$$P = 36 \text{ m}^2 \times 10 \text{ W/m}^2 = 360 \text{ W}$$

t = tiempo de funcionamiento de las mismas (3h/día)

$$Q_4 = \frac{360 \text{ W} \cdot 3 \text{ h}}{24 \text{ h}}$$

$$Q_4 = 45 \text{ W}$$

5.- Calor liberado por operarios

$$Q_5 = \frac{q \cdot n \cdot t}{t_{TOTAL}}$$

q = calor liberado por persona (270 W)

n = número de personas en la cámara (1 a la vez)

t = tiempo de permanencia (3 h)

$$Q_5 = \frac{270 \text{ W} \cdot 1 \cdot (3 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h})}{(24 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h})}$$

$$Q_5 = 34 \text{ W}$$

6.- Calor liberado por los ventiladores del evaporador

$$Q_6 = \frac{P \cdot t}{t_{TOTAL}}$$

P = Potencia global de todos los ventiladores (Mientras no conocemos las características del evaporador ni la potencia de los ventiladores, asumiremos una de 700 W)

t = duración de su funcionamiento 15h

$$Q_6 = \frac{700 \text{ W} \cdot 15 \text{ h}}{24 \text{ h}}$$

$$Q_6 = 438 \text{ W}$$

Carga total

La carga total es la suma de todas las cargas calculadas individualmente:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$Q_T = (11\,741 + 1\,036 + 1\,021 + 45 + 34 + 438) \text{ W}$$

$$Q_T = 14\,315 \text{ W}$$

Factor de Seguridad (10%)

Para continuar con los cálculos debemos sumar un factor de seguridad del 10% para asegurarnos que la potencia de los equipos pueda suplir una carga extra inesperada.

$$Q_T = 15\,747 \text{ W}$$

Selección del Refrigerante

Debemos seleccionar un refrigerante que cumpla con las siguientes condiciones:

- No ser inflamable, ni tóxico, ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con aire en determinada proporción.
- No reaccionar desfavorablemente con los materiales de construcción de la cámara frigorífica ni con la humedad.

- Su composición no debe contaminar los productos almacenados en caso de fuga.
- Debe poseer características termo-físicas que permitan la máxima capacidad de refrigeración con la mínima demanda de potencia.
- La temperatura de descarga debe ser lo más baja posible para alargar la vida del compresor.
- El coeficiente de conductancia debe ser lo más elevado posible para reducir el tamaño y costo del equipo de transferencia de calor.
- Debe ser de bajo precio y fácil disponibilidad.

A continuación se exponen algunas propiedades relevantes de un refrigerante inorgánico (amoníaco) y tres refrigerantes hidrofluorocarbonados (HFC), comúnmente usados en la refrigeración de alimentos:

TABLA 12
PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES

Propiedad	Refrigerante			
	R-717	R-134a	R-404a	R-507
Composición	NH ₃	CH ₃ CF ₃	143a,134a,125 (52/4/44)	143a, 125 (50/50)
Toxicidad	Si	No	No	No
Inflamabilidad	Si	No	No	No
Corrosividad	Si	No	No	No
Costo	\$2,3/Kg	\$3/Kg	\$4,5/Kg	\$5,4/Kg

De la comparación de la información expuesta en la TABLA 12, podemos sacar una conclusión de cuál es el refrigerante más conveniente para este caso, y nos inclinaremos por el R-134a

Cálculo de los componentes del sistema de refrigeración

El ciclo de refrigeración comprende los siguientes procesos:

- 1-2. Compresión adiabática del refrigerante
- 2-3. Condensación con rechazo de calor al ambiente
- 3-4. Expansión adiabática del refrigerante
- 4-1. Evaporación con extracción de calor de la carga

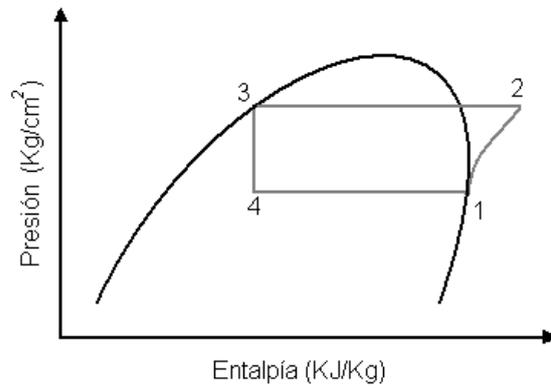


FIGURA 3.22: Ciclo de compresión de vapor en el diagrama

Presión-Entalpía

Del gráfico presión-entalpía, obtenemos las siguientes relaciones:

$$W_{1-2} = M_{ref} (H_2 - H_1)$$

$$Q_{2-3} = M_{ref} (H_2 - H_3)$$

$$Q_{4-1} = M_{ref} (H_1 - H_4)$$

Donde:

M_{ref} = masa del refrigerante

H_1, H_2, H_4 = entalpías en cada punto del proceso

Datos:

Refrigerante: R-134a

Q_{4-1} = 15 747 W

$$T_c = T_{\text{cámara}} = 2^\circ\text{C}$$

$$T_a = T_{\text{ambiente}} = 30^\circ\text{C}$$

Las temperaturas del evaporador y del condensador pueden ser inferidas a partir de los datos T_c y T_a . Consideraremos la temperatura del evaporador 7°C menor a la de la cámara y la temperatura del condensador 5°C mayor a la del ambiente.

$$T_{3-1} = T_{\text{evaporador}} = -5^\circ\text{C}$$

$$T_{2-3} = T_{\text{condensador}} = 40^\circ\text{C}$$

A partir de estas temperaturas, podemos encontrar los datos necesarios en las Tablas de vapor del refrigerante 134a mostradas en el APENDICE 3

De la gráfica presión-entalpía para R-134a, obtenemos:

$$P_{4-1} = 0.25 \text{ MPa}$$

$$H_1 = 398 \text{ KJ/Kg}$$

$$P_{2-3} = 1.0 \text{ MPa}$$

$$H_3 = H_4 = 258 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_2 = 428 \text{ KJ/Kg (de la línea de entropía constante desde 1 hasta 2)}$$

Entonces:

$$Q_{4-1} = M_{ref} (H_1 - H_4)$$

$$15,747 \text{ KJ/s} = M_{ref} (398-258)\text{KJ/Kg}$$

$$\mathbf{M_{ref} = 0.11 \text{ Kg/s}}$$

$$W_{1-2} = M_{ref} (H_2 - H_1)$$

$$W_{1-2} = 0.11 \text{ Kg/s} (428-398)\text{KJ/Kg}$$

$$W_{1-2} = - 3,3 \text{ KW}$$

$$Q_{2-3} = M_{ref} (H_2 - H_3)$$

$$Q_{2-3} = 0.11 \text{ Kg/s} (428-258)\text{KJ/Kg}$$

$$Q_{2-3} = 18,7 \text{ KW}$$

$$Q_{4-1} = M_{ref} (H_1 - H_3)$$

$$Q_{4-1} = 0.1 \text{ Kg/s} (398-258)\text{KJ/Kg}$$

$$Q_{4-1} = 14 \text{ KW}$$

Resultados

TABLA 13

ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Componente	Compresor	Evaporador	Condensador
Especificación	3,3 KW	14 KW	18,7 KW

Selección de equipos

Después de haber descrito las fases del proceso y escogida la tecnología que más se adapta a las necesidades del camal, proponemos la incorporación de los siguientes equipos e instrumentos:

TABLA 14

EQUIPO NECESARIO PARA LA LINEA DE GANADO VACUNO

Equipos y Utensilios	Cant
Dispositivo de aturdimiento de reses	1
Pistola neumática de proyectil prisionero	1
Carriles tubulares (m)	20
Carretillos a rodillo para carriles tubulares	20
Polipasto eléctrico	1
Dispositivo para desollado	1
Plataformas	2
Sierra eléctrica para la apertura del pecho	1
Sierra eléctrica para la división de la canal	1
Cuchillos curvos y rectos	10

TABLA 15

EQUIPO NECESARIO PARA LA LINEA DE GANADO PORCINO

Equipos y Utensilios	Cant.
Dispositivo de aturdimiento de cerdos	1
Pinzas eléctricas para electronarcosis	1
Carriles tubulares (m)	20
Carretillos simples para carriles tubulares	30
Polipasto eléctrico	2
Piscina para escaldado	1
Mesa de acero inoxidable	1
Depilador eléctrico	1
Sierra para apertura de pecho	1
Sierra para separación de canales	1
Cuchillos curvos y rectos	10

Especificaciones Técnicas de los equipos para Faenado de Bovinos

Cajón de Aturdimiento

- Medidas 1000x 2400x 1800 mm.
- Puerta Tipo guillotina,
- Puerta bai-ben horizontal,
- Piso inclinado para facilitar la caída del ganado, 45 grados

Aturdidor Neumático

- Potencia de motor 1HP

Polipasto

- Capacidad 1000 Kg
- Potencia de motor 5 HP
- Velocidad de elevación 4m/min
- Izado con cable de acero de 3/8"

Sierra para apertura de pecho

- Potencia de motor 2 HP
- Material: acero inoxidable

Sierra para división de la canal

- Potencia de motor 2,5 HP
- Material: acero inoxidable
- Incluir balanceador de sierra

Cuchillos

- De 15 a 20 cm de largo

Especificaciones Técnicas de los equipos para Faenado de porcinos**Cajón de aturdimiento**

- Medidas 1000x 2400x 1800 mm.
- Puerta Tipo guillotina,
- Puerta bai-ben horizontal,
- Piso inclinado para facilitar la caída del ganado, 45 grados

Aturdidor eléctrico

- Voltaje 75 V y amperaje de 0.25 A
- Amplitud entre electrodos 12 cm

Polipasto

- Capacidad 500 Kg
- Potencia de motor 3 HP
- Velocidad de elevación 4m/min
- Izado con cable de acero de 3/8"

Piscina para escaldado

- Medidas en m: 2 de largo, 1,7 de ancho y 0.8 de altura
- Material: planchas de acero inoxidable

- Perfiles angulares galvanizados

Depilador eléctrico

- Potencia de motor 0.5 HP

Sierra para apertura de pecho

- Potencia de motor 1 HP
- Material: acero inoxidable

Sierra para separación de canales

- Potencia de motor 2 HP
- Material: acero inoxidable

Especificaciones Técnicas de los equipos para la cámara

frigorífica

Paneles prefabricados de acero-poliuretano-acero

- Paredes y techo: acero-poliuretano-acero, 120 m²
- Piso: acero-poliuretano, 36 m²

Unidad condensadora con compresor hermético para R-134a

- Potencia 4 KW

Evaporador

- 6 m de separación entre evaporador y unidad condensadora.

3.7. Buenas prácticas de manufactura

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de normas sobre limpieza y desinfección y control de plagas que se aplican al procesamiento de alimentos para garantizar su inocuidad. Se pueden establecer este tipo de normas para ser aplicadas al diseño de la estructura, al transporte y recepción del ganado, a las líneas de faena y elaboración de derivados, y al almacenaje y transporte del producto final.

Los factores más importantes para asegurar la inocuidad de los productos en el matadero son la higiene del personal y la limpieza y sanitización eficaces de las líneas y equipos.

Higiene del Personal

- Colocar avisos en las instalaciones que resalten la importancia de la higiene del personal y de las instalaciones.
- Usar vestidores para dejar la ropa de calle y colocarse la ropa adecuada para el trabajo (camisa, pantalones, delantal, botas, gorro y guantes) que debe estar perfectamente limpia.
- No usar relojes, anillos, aretes, etc.
- Mantener comportamientos higiénicos en la planta como no

fumar, no toser, no estornudar, no toser, no comer ni beber.

- Usar mascarillas en los lugares de mayor riesgo de contaminación.
- Mantener las uñas cortas, limpias y sin esmalte
- Usar el cabello recogido y dentro del gorro.
- Fomentar la importancia de reportar cualquier enfermedad (gripe, diarrea, infecciones cutáneas, etc.).
- Lavarse las manos con abundante agua y jabón al entrar y salir de la planta.
- Mantener el orden y limpieza durante los descansos.
- No trasladarse de una zona sucia a una limpia.

Normas para las Instalaciones

- Ofrecer las condiciones apropiadas para el faenado del ganado y para el almacenamiento de insumos y producto final.
- Permitir la efectiva limpieza y desinfección de áreas y equipos.
- Evitar la entrada a roedores, insectos y otras plagas.

Programa de Higiene y Desinfección

Es importante establecer los programas de limpieza y desinfección del establecimiento, los equipos y los utensilios usados durante el procesamiento.

Pisos:

- Barrido Preliminar
- Preparación de solución detergente alcalino con agua caliente (50°C).
- Aplicación de la solución detergente por 10 minutos.
- Cepillado y enjuague.
- Desinfección con agua clorada (200 ppm de cloro) y enjuague final.
- Lavar con solución ácida cada 15 días para evitar depósitos calcáreos.

Equipos:

- Equipos de gran tamaño deben ser desmontados para su limpieza. Se incluyen: sierras eléctricas, desprendedoras de piel, dispositivo de aturdimiento.
- El tanque de escaldado debe ser vaciado y tratados con el mismo procedimiento que los suelos.
- Los cuchillos deben ser lavados con frecuencia a 80°C y tratados con un desinfectante.
- Es importante enjuagar todos los equipos con agua y jabón antes de iniciar la jornada para eliminar el polvo acumulado.

CAPITULO 4

5. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Aspectos Técnicos

Para analizar la validez de esta propuesta desde el punto de vista técnico, recurriremos a una comparación de las capacidades de faenamiento de los sistemas actual y propuesto y a un análisis de los beneficios potenciales que brindaría la implantación de las BPM y del sistema de refrigeración de carnes frescas.

Aumento de la Capacidad de Procesamiento

El cambio de sistema de faenado propuesto para el Camal, de un sistema básico de puesto que existe en la actualidad a un nuevo

sistema lineal, supone un aumento en la capacidad de procesamiento.

Este aumento de la capacidad deberá corresponder al incremento de la demanda proyectada para los próximos 5 años, lo que ya se vio en el capítulo anterior, pero que analizaremos en este punto del proyecto para establecer las ventajas de ahorro de tiempo y agilización del proceso que se fomentarán con el cambio de sistema.

La demanda que tendrá que afrontar en camal de Machala según las predicciones realizadas en el capítulo anterior será, en el 2011, de 10 reses y 25 cerdos más.

TABLA 16
TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FAENADO DE RESES

SISTEMA DE PUESTO		SISTEMA LINEAL	
Operación	Tiempo (min)	Operación	Tiempo (min)
Insensibilización	2	Insensibilización	3
Sangría	15	Sangría	8
Separación de cabezas y patas	2	Separación de cabezas y patas	4
Desuello	10	Desuello	3
Evisceración	10	Evisceración	3
Separación de Canales	10	Separación de Canales	2
Limpieza	3	Limpieza	1
Total	52		24

Fuente: www.fao.org
Elaborado por Tatiana Pontón

Considerando un ritmo de trabajo de 8 minutos de diferencia entre el ingreso de cada res al proceso, espacio de tiempo limitado por el tiempo que toma la operación de sangría, tendremos una tasa de faenamiento de 7.5 animales por hora. Descontando la media hora inicial que toma el primer animal en pasar por la línea de faena, tendremos una producción diaria de 56 reses, lo que cubre la demanda proyectada.

TABLA 17
TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FAENADO DE CERDOS

SISTEMA DE PUESTO		SISTEMA AEREO LINEAL	
Operación	Tiempo (min)	Operación	Tiempo (min)
Insensibilización	2	Insensibilización	2
Sangría	12	Sangría	7
Escaldado	5	Escaldado	5
Depilación	8	Depilación	3
Evisceración	8	Evisceración	3
Separación de Canales	5	Separación de Canales	2
Limpieza	3	Limpieza	1
Total	43		23

Fuente: www.fao.org
Elaborado por Tatiana Pontón

El ritmo de trabajo será de 4 minutos de diferencia entre el ingreso de cada cerdo al proceso, tiempo limitado por la operación de

sangría que se podrá realizar a 2 cerdos a la vez. Entonces tendremos una tasa de faenamiento de 15 animales por hora. Descontando la media hora inicial que toma el primer animal en pasar por la línea de faena, tendremos una producción diaria de 112 cerdos, lo que cubre la demanda proyectada.

Reducción de la contaminación y proliferación microbiana

Para lograr la prevención del crecimiento microbiano y la alteración de los productos es importante alargar la fase de latencia de los microorganismos mediante:

- El aporte del menor número de microorganismos durante el proceso, reduciendo el grado de contaminación.

- Añadiendo factores adversos al crecimiento microbiano como la disminución de temperaturas.

La contaminación microbiana inicial de las carnes recientemente faenadas, se da por contacto inevitable con secciones altamente contaminadas del animal como piel, tracto digestivo y vísceras. En todo caso, solo unos pocos tipos de bacterias afectan la seguridad y la calidad final de las canales, entre estas tenemos:

- *Campylobacter* spp.
- *Clostridium perfringens*
- *Escherichia coli*
- *Salmonella* spp.
- *Yersinia enterocolitica*⁽⁹⁾

Si bien una correcta cocción de las carnes antes de su consumo asegura, en la mayoría de los casos, la inocuidad de las mismas para la salud humana, la proliferación bacteriana puede reducir significativamente la vida en percha de la carne y afectar sus características organolépticas finales.

Una adecuada manipulación y refrigeración de las canales puede reducir el inconveniente de la presencia de cantidades de bacterias patógenas potencialmente peligrosas y alargar la vida y la calidad de las carnes mientras llega a su consumidor final.

⁽⁹⁾Meat Refrigeration, S. J. James and C. James

Efectos de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las BPM son normas internacionales tomadas como referencia para garantizar condiciones higiénico-sanitarias apropiadas en los alimentos.

Los criterios exigidos por esta forma de control facilitan el alcance de mejoras puntuales o continuas y garantizan un determinado control de calidad.

En el caso de mataderos, estas normas buscan, mediante el control de la proliferación de microorganismos, establecer una determinada calidad higiénica del proceso y de sus productos.

El grado de contaminación inicial se logrará mediante un seguimiento de los procedimientos de higiene personal y de limpieza y sanitización de equipos y utensilios, establecidos en las BPM. A continuación se muestran algunos ejemplos de la contaminación microbiana que se puede evitar con la aplicación de las BPM.

TABLA 18
FUENTES DE LA CONTAMINACION MICROBIANA INICIAL EN
LAS CARNES

Etapa o Lugar	Grado de Contaminación Obtenida
Desollado (en las carnes)	10.000 a 100.000 unidades por cm ²
Hojas de cuchillos (luego de 2 horas de trabajo)	Hasta 2x10 ⁵ unidades por cm ²
Sobre las manos de operarios (luego de 2 horas de trabajo)	Hasta 2x10 ⁴ unidades por cm ²

Fuente: Meat Refrigeration, S. J. James and C. James

Elaborado por Tatiana Pontón

Acción del frío en la conservación de la carne

Las bajas temperaturas retardan las reacciones químicas, la acción enzimática y retrasan o inhiben el crecimiento y actividad de los microorganismos. Cuanto mas baja sea la temperatura más lentas serán estas reacciones.

La proliferación de microorganismos en las carnes frescas destinadas a refrigeración depende de:

- a) de la contaminación microbiana inicial
- b) de la rapidez de la refrigeración
- c) del grado de desecación superficial
- d) de la naturaleza, forma y dimensiones de las carnes (calidades que no se pueden modificar en mataderos públicos).

Una aproximación estimada y aceptada es que el crecimiento microbiano se puede reducir a la mitad por cada 10°C de disminución de temperatura⁽¹⁰⁾. Y se hace obvio que mientras más cerca se encuentra la temperatura de la carne a la temperatura óptima para el crecimiento microbiano (de 25 a 35°C para la mayoría de bacterias), mayor será su grado de descomposición.

Basados en esta premisa podemos concluir que al reducir la temperatura de la canal de 38 a 16°C, estamos reduciendo el grado de crecimiento microbiano a un 25% de lo que se daría con la canal a su temperatura inicial; y estamos reduciendo a un 50% este crecimiento comparado con lo que tendríamos con la canal a 25°C después de un enfriamiento lento y por oreo natural.

Rigidez cadavérica

La rigidez cadavérica se presenta después de varias horas de ocurrida la muerte y consiste en un endurecimiento muscular presente durante algunas horas. Este fenómeno se debe a complejas reacciones químicas en las que intervienen las proteínas miosina y actina, los iones K, Cl y el ácido adenosíntrifosfórico.

¹⁰ Fuente: www.fao.org.

El pH inicial, de alrededor de 7, comienza a descender, debido a la producción de ácido láctico por acción del desdoblamiento de glucógeno, hasta un valor final de 5.5. El descenso del pH se detiene cuando todo el glucógeno ha sido consumido, y mientras más cerca llegue el valor del pH a 5.5 menor será el desarrollo microbiano.

Pasada la rigidez cadavérica, las características organolépticas son más favorables pues las carnes se presentan más tiernas, sabrosas y más fácilmente digeribles.

El tiempo que tarda la rigidez cadavérica está influenciado por la temperatura del ambiente y será más rápida mientras mayor sea la temperatura.

El tiempo de permanencia de las canales en la cámara frigorífica no solo se justifica mediante las ventajas que representa su aumento de vida en percha debido a una desaceleración del crecimiento microbiano, sino también, por medio de los resultados positivos que se obtendrían en las condiciones organolépticas y sensoriales de estas carnes al darles tiempo para que pasen por la serie de

procesos que suceden a la muerte de los músculos y que deben ser superados para obtener estos resultados.

Pérdidas de peso debido a refrigeración

Las mermas de peso debido a pérdidas de agua en las canales de carne se dan desde el momento en que el músculo se expone al ambiente y este proceso no se detiene durante la refrigeración.

La pérdida de peso se debe a dos procesos relacionados: la evaporación y la difusión. El primer proceso es la transferencia de agua desde la superficie de la canal hacia al ambiente que la rodea y el segundo es la transferencia de agua desde el interior de la carne hasta su superficie.

La tasa con que la humedad de las carnes se transfiere al ambiente depende de factores como: forma de la pieza, humedad relativa y temperatura del ambiente, y de la velocidad con que circula el aire a su alrededor. En el caso de refrigeración en cámaras, las variables son la humedad del aire y el coeficiente de transferencia de calor h , dado por la velocidad del aire circulante, ya que sobre los otros factores no podemos influir. Según esto, se darán mayores pérdidas de peso en las canales de res mientras mayor sea la velocidad del aire circulante en la cámara.

Esto nos lleva a concluir que mientras más acelerado hacemos el proceso de refrigeración más peso perderemos por transferencia del agua de las canales hacia el ambiente.

4.2. Aspectos Económicos

Para analizar la viabilidad económica del proyecto, ordenaremos la información de carácter monetario para obtener el valor total de la inversión en que se incurrirá para la implementación del proyecto.

a) Equipos y utensilios

Los equipos y utensilios requeridos para la aplicación de esta propuesta ya han sido nombrados en el Capítulo 3 y a continuación se muestra el valor de estos rubros cotizado en el mercado local:

TABLA 19
COSTO DE EQUIPOS Y UTENSILIOS PARA FAENADO DE
RESES

Equipos y Utensilios	Cant.	Costo (\$)	Costo Total (\$)
Dispositivo de aturdimiento de reses	1	850	850
Pistola neumática de proyectil prisionero	1	350	350
Carriles tubular (m)	20	20	400
Carretillos a rodillo para carriles tubulares	20	40	800
Polipasto eléctrico	1	410	410
Dispositivo para desollado	1	580	580
Sierra eléctrica para la apertura del pecho	1	390	390
Sierra eléctrica para la división de la canal	1	450	450
Plataformas	2	250	500
Cuchillos curvos y rectos	10	10	100
Total			4830

Fuente: IMPROSERVICE S.A.

Elaborado por Tatiana Pontón

TABLA 20
COSTO DE EQUIPOS Y UTENSILIOS PARA FAENADO DE
CERDOS

Equipos y Utensilios	Cant.	Precio (\$)	Precio Total (\$)
Dispositivo de aturdimiento de cerdos	1	580	580
Pinzas eléctricas para electronarcosis	1	300	300
Carril tubulares (m)	25	20	500
Carretillos simples para carriles tubulares	30	15	450
Polipasto eléctrico de 1/2 Ton. de capacidad	2	250	500
Piscina de 2mx1m para escaldado	1	380	380
Mesa de acero inoxidable	1	250	250
Depilador eléctrico	1	210	210
Sierra para apertura de pecho	1	180	180
Sierra para separación de canales	1	220	220
Cuchillos curvos y rectos	10	10	100
Total			3670

Fuente: IMPROSERVICE S.A.
Elaborado por Tatiana Pontón

b) Cámara Frigorífica

Los costos de la cámara frigorífica abarcan los costos del montaje de la cámara en sí, y los costos del sistema de refrigeración con el que operará.

TABLA 21
COSTOS DE LOS COMPONENTES DE LA CAMARA
FRIGORÍFICA

Equipo	Cant.	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Paneles: Paredes y techo(m ²)	120	55	6 600
Paneles piso (m ²)	36	55	1 980
Puerta 2x3,20	2	575	1 150
Accesorios para cámara: lámparas, termostatos			250
Mano de obra instalación cámara			1100
Total			11 080

Fuente: MAFRICO S.A.

TABLA 21
COSTOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

Equipo	Cant.	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Unidad condensadora con compresor hermético			
Evaporador			
Accesorios de instalación: válvula de expansión, filtros, termostato, válvulas de paso			

Materiales: refrigerante, accesorios, cables y terminales, tablero de control			
Mano de obra			
Total	2	4800	9600

Fuente: MAFRICO S.A.

c) Equipos de Oficina

La administración del camal necesita equipos básicos de oficina para llevar un adecuado control de los procesos y el seguimiento de los procedimientos establecidos.

TABLA 22
COSTO DE EQUIPOS DE OFICINA

Equipos	Cant	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Computadores	2	800	1600
Impresoras	2	80	160
Teléfonos	2	40	80
Total			1840

Fuente: Akros Corporation, www.acroscorp.com

d) Inversión Inicial Total

La inversión que se debe afrontar para la puesta en marcha de este proyecto es la suma de los anteriores valores. Así:

TABLA 23
MONTO DE INVERSIÓN INICIAL

Concepto	Costo
Equipos y utensilios de matadero	8 500
Costos de instalación líneas faenado	1 000
Cámara frigorífica	11 080
Sistema de refrigeración cámara	9 600
Equipos de oficina	1 840
Inversión Inicial	32 020

Elaborado por Tatiana Pontón

4.3. Aspectos Legales

Con la implementación de las recomendaciones propuestas para el Camal Municipal de Machala, se incrementaría su aptitud para cumplir la legislación ecuatoriana para mataderos. Esta legislación es el Reglamento sobre la Ley de Mataderos, publicada el 11 de junio de 1996 por la función ejecutiva, con R.O. # 964.

A continuación compararemos el cumplimiento de algunas normas establecidas en este reglamento en las condiciones actuales del matadero y en las condiciones recomendadas en este proyecto:

TABLA 24
VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LA LEY EN LA
ACTUALIDAD Y EN LA PROPUESTA

Reglamento sobre la Ley de Mataderos	Situación	
	Actual	Propuesta
Art. 8 Los mataderos y sus instalaciones, sean públicos, privados o mixtos, para su funcionamiento, deben estar ubicados en los sectores alejados de los centros poblados, por lo menos a 1 Km. de distancia...	No	No
Art. 8 ...(El matadero debe contar con) sistema de recolección, tratamiento y disposición de las aguas servidas; sistema de recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos y líquidos que producen el matadero...	No	No
Art. 8 Equipos: (debe contar con) sistema de riel a lo largo de todo el proceso de faenamiento según la especie, tecles elevadores, tina de escaldado para cerdos, sierras eléctricas, carretillas y equipos para la movilización y el lavado de vísceras, tarimas estacionarias, ganchos, utensilios y accesorios para productos comestibles y no comestibles de material inoxidable	No	Sí
Art. 12 El personal que interviene en las operaciones de faenamiento...deberá someterse al control periódico de enfermedades infecto-contagiosas; mantener estrictas condiciones de higiene personal durante las horas de trabajo. La faena se iniciará con la vestimenta limpia. Cuando las prendas hayan estado en contacto con una parte cualquiera de animales afectados de enfermedades infecto-contagiosas deberán ser cambiadas, esterilizadas y luego lavadas.	No	Sí
Art. 13 Todos los animales de abasto, deben ser faenados obligatoriamente en los mataderos o camales autorizados, a fin de salvaguardar la salud pública.	No	Sí

Art. 24 Todo el equipo, accesorios, mesas, utensilios, incluso cuchillos, cortadores, sus vainas, sierras y recipientes deben limpiarse a intervalos frecuentes durante la jornada. También deben limpiarse y desinfectarse al terminar cada jornada de trabajo.	No	Sí
Art. 25 Antes del inicio de los labores de faenamiento, la Dirección del matadero será responsable de que las operaciones de lavado, limpieza y desinfección de las instalaciones se realicen en las mejores condiciones higiénico-sanitarias	No	Sí

Análisis

- El Art.8 dictamina normas de suma importancia, como el establecimiento de las zonas de asentamiento para los mataderos fuera de las áreas urbanas, norma que no pueden ser cumplida en la actualidad por el 80% de los mataderos del país, por la rápida expansión de nuestras ciudades.
- Así mismo, el matadero no cuenta con un sistema de tratamiento de residuos como está establecido en el reglamento, y la aptitud para el cumplimiento de esta norma no cambiaría con la reingeniería del camal, pues esta fuera del alcance del proyecto.
- El cambio de sistema de faenamiento a un sistema lineal aéreo contribuiría a cumplir con esta norma también establecida en el Art.8.

- El Art. 13 podrá ser cumplido en la medida que los usuarios noten las ventajas que brindaría el Camal al ofrecer un sistema mucho más higiénico y eficiente que el sistema actual, el que no representa un cambio importante comparado con la manera de faenar clandestinamente el ganado.

- Los Art.12, 24 y 25, entre otros que no se nombran, se cumplirían con la práctica de las BPM establecidas en la propuesta de reingeniería.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Las mejoras planteadas al proceso de faenado aseguran una mejor calidad y conservabilidad de la carne y subproductos elaborados en el camal.
2. Las Buenas Prácticas de Manufactura aseguran que se mantendrá una calidad higiénica uniforme en los productos gracias a la existencia de procedimientos escritos de limpieza e higiene del personal y de las instalaciones.
3. La incorporación del diseño de una cámara de refrigeración para un matadero municipal marca un referente de cómo éstos mataderos, pueden cumplir con una condición básica y de

suma importancia para el apropiado tratamiento de las carnes frescas.

4. Con esta propuesta, el Camal Municipal de Machala, aumenta significativamente su aptitud para cumplir con las normas expuestas en el Reglamento sobre la Ley de Mataderos del Ecuador.
5. La implementación de las líneas de faenado aumentaría la capacidad de procesamiento del Camal sin necesidad de ampliar sus instalaciones.
6. La reingeniería propuesta resulta viable técnica, legal y económicamente.

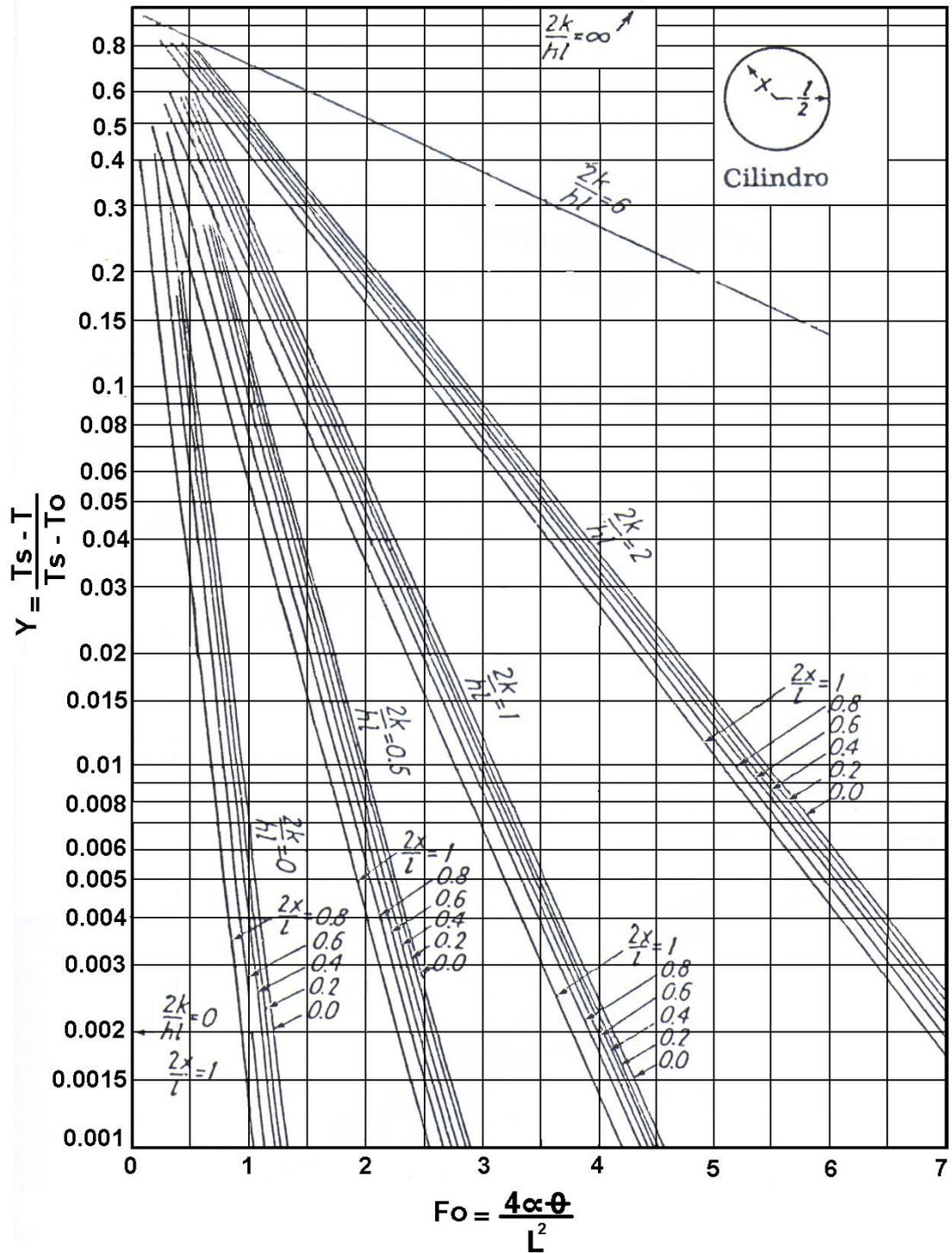
RECOMENDACIONES

1. Para la implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura, se necesita que una persona capacitada cumpla con las obligaciones de supervisión del cumplimiento de las normas.
2. Se recomienda que este proyecto sea complementado con un estudio para la implementación de un adecuado tratamiento de las aguas residuales y los desechos sólidos que se generan en el camal, para reducir los impactos ambientales que produce esta actividad.
3. La calidad e inocuidad de la carne fresca y de los subproductos que se elaboran en el matadero puede ser asegurada con el establecimiento de Análisis de Riegos y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés), sistema que permite analizar los riesgos potenciales y tomar medidas preventivas para su control.

ANEXOS

APENDICE 1

GRAFICAS DE GURNIÉ-LURIE PARA EL CILINDRO

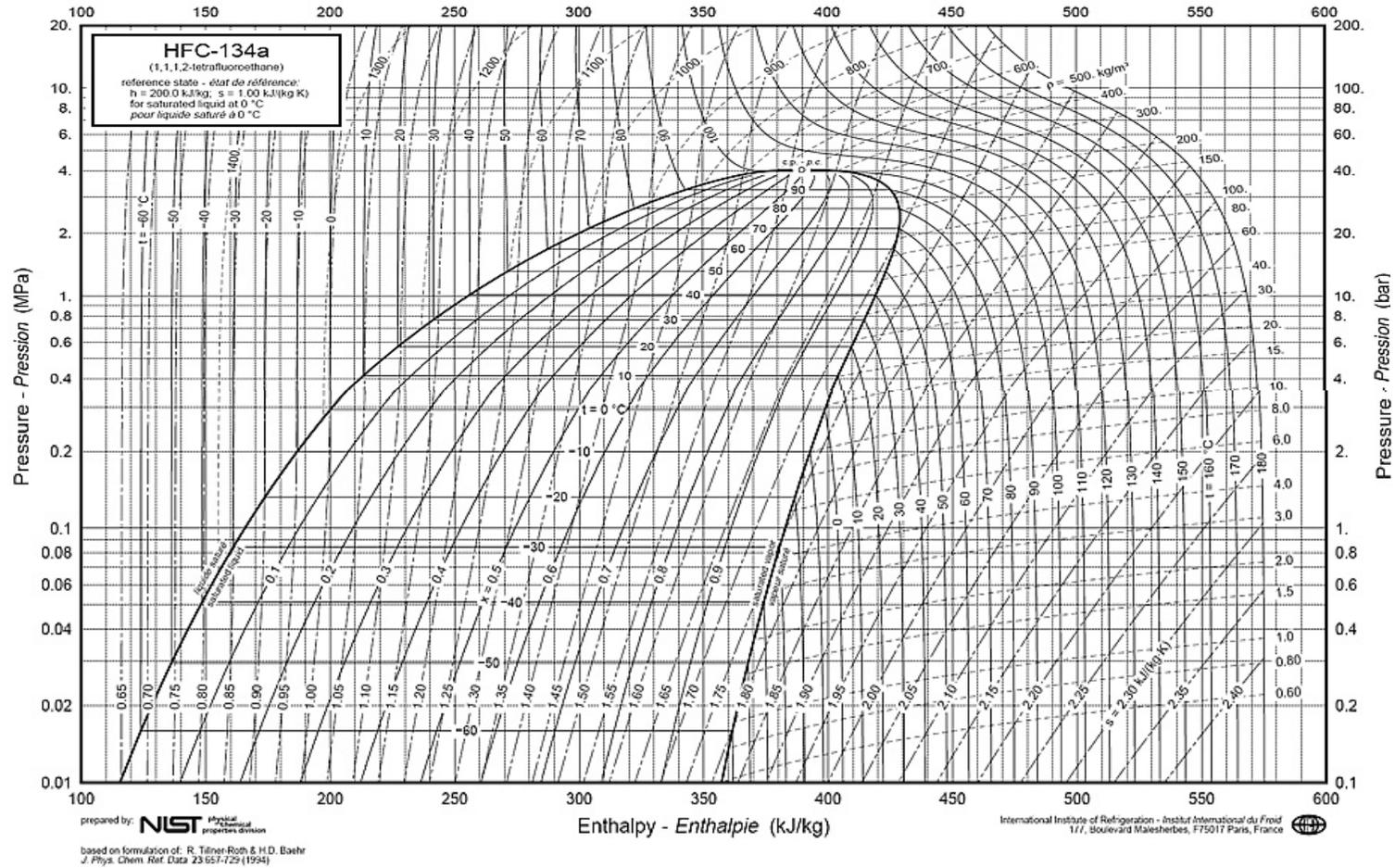


APENDICE 2

COMPORTAMIENTO DE CALOR EN UN CUARTO TRASERO DE RES CON COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR $h = 16\text{W/m}^2\text{°C}$

h	t (h)	α (m^2/h)	Fo	Bi	1/Bi	Y	T °C
16	1	4E-04	0,02	5,45	0,18	1,000	38,0
16	2	4E-04	0,04	5,45	0,18	0,980	37,3
16	3	4E-04	0,06	5,45	0,18	0,960	36,6
16	4	4E-04	0,08	5,45	0,18	0,930	35,5
16	5	4E-04	0,09	5,45	0,18	0,900	34,4
16	6	4E-04	0,11	5,45	0,18	0,880	33,7
16	7	4E-04	0,13	5,45	0,18	0,820	31,5
16	8	4E-04	0,15	5,45	0,18	0,770	29,7
16	9	4E-04	0,17	5,45	0,18	0,720	27,9
16	10	4E-04	0,19	5,45	0,18	0,650	25,4
16	11	4E-04	0,21	5,45	0,18	0,580	22,9
16	12	4E-04	0,23	5,45	0,18	0,510	20,4
16	13	4E-04	0,25	5,45	0,18	0,470	18,9
16	14	4E-04	0,27	5,45	0,18	0,435	17,7
16	15	4E-04	0,28	5,45	0,18	0,395	16,2
16	16	4E-04	0,30	5,45	0,18	0,370	15,3
16	17	4E-04	0,32	5,45	0,18	0,340	14,2
16	18	4E-04	0,34	5,45	0,18	0,310	13,2
16	19	4E-04	0,36	5,45	0,18	0,290	12,4
16	20	4E-04	0,38	5,45	0,18	0,260	11,4
16	21	4E-04	0,40	5,45	0,18	0,240	10,6
16	22	4E-04	0,42	5,45	0,18	0,230	10,3
16	23	4E-04	0,44	5,45	0,18	0,220	9,9
16	24	4E-04	0,46	5,45	0,18	0,210	9,6

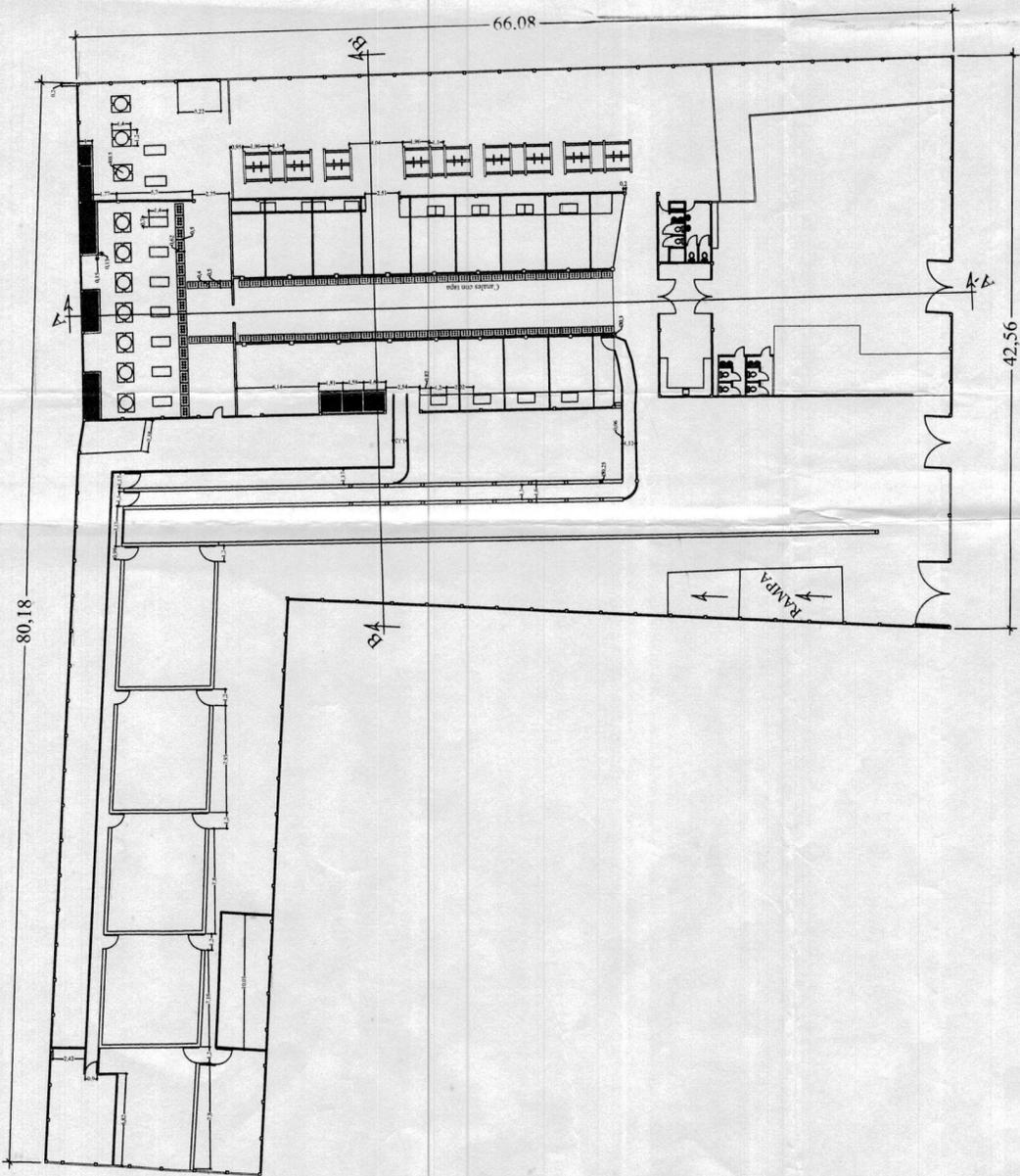
GRAFICAS PRESION-TEMPERATURA PARA EL R-134a



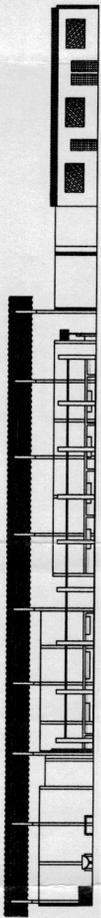
BIBLIOGRAFIA

1. ASDRUBALI M. y STRADELLI A., Los Mataderos, Editorial Acribia, Zaragoza-España, 1969
2. GRACEY J.F., Meat Plant Operations, Chalcombe Publications, United Kingdom, 2001
3. JAMES S.J. and JAMES C., Meat Refrigeration, The University of Bristol, 2002
4. QUIJANO GUERRERO HUMBERTO, Manual de sacrificio e industrialización del cerdo, Editorial Trillas, México, 1999
5. PLANK Rudolf, Empleo del frío en la industria de la alimentación, Editorial Reverte S.A, 1962

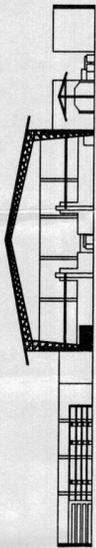
6. STOEKER W.F., Refrigeración y Acondicionamiento de aire, Ediciones del Castillo S.A, Madrid, 1965
7. <http://www.fao.org>
8. <http://www.sica.gov.e>
9. <http://www.fsis.usda.gov>



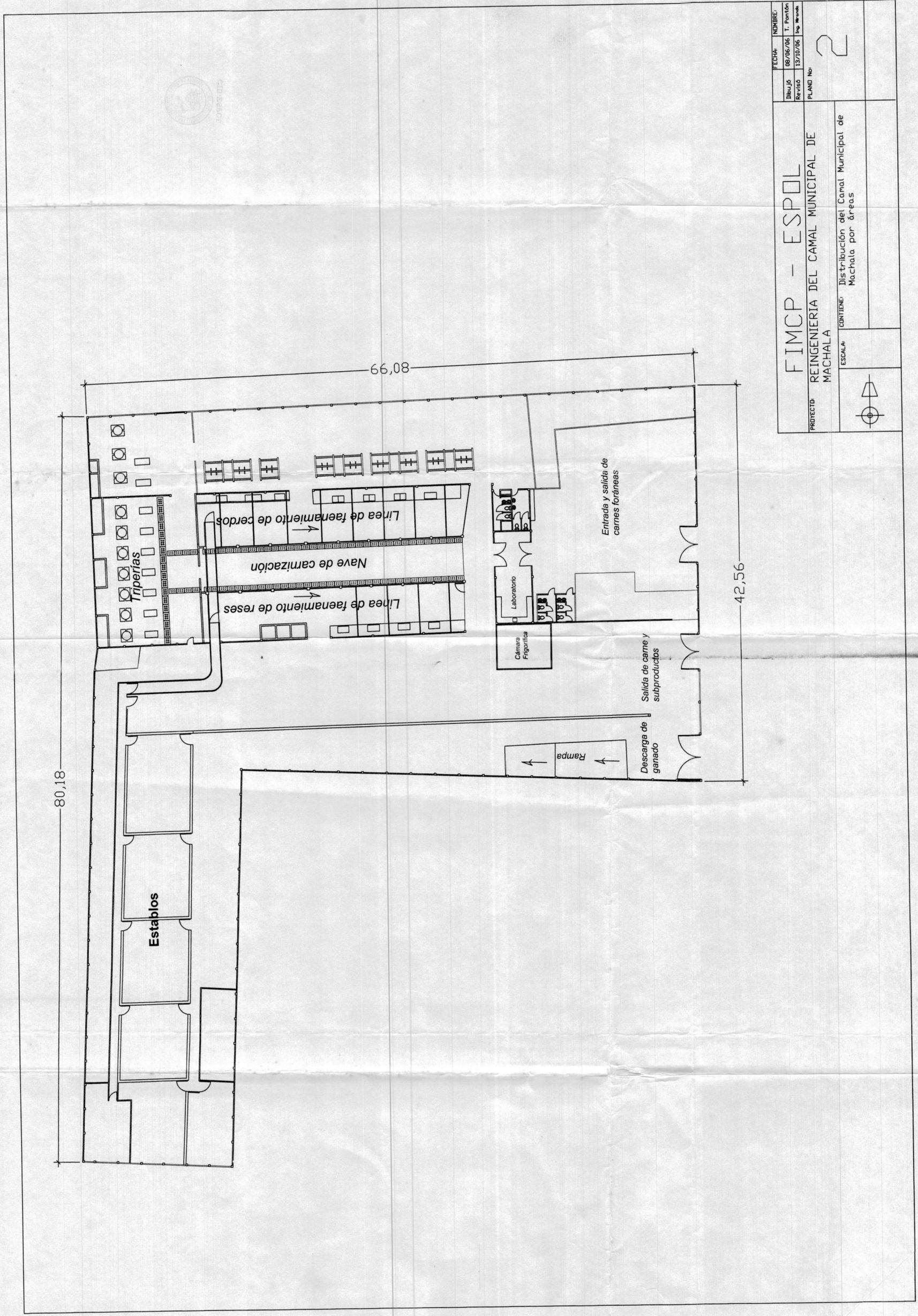
CORTE A-A'



CORTE B-B'



FECHA	NOMBRE	
	Dibujó	T. Pombo
Revisó	13/10/06	Ing. Almada
PLANO No:		
1		
PROYECTO	CONTIENE	
FIMCP - ESPOL	Plano general del Camal Municipal de	
REINGENIERIA DEL CAMAL MUNICIPAL DE	Machata	
MACHALA	ESCALA	
		



FIMCP - ESPOL REINGENIERIA DEL CAMAL MUNICIPAL DE MACHALA		FECHA: 08/06/06 13/10/06	NOMBRE: T. Portón Ing. Msc.
PROYECTO: REINGENIERIA DEL CAMAL MUNICIPAL DE MACHALA		PLANO No: 2	
ESCALA:		CONTIENE: Distribución del Camal Municipal de Machala por áreas	