

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**APROVECHAMIENTO DEL DESECHO DE HUESOS DE RES PARA LA  
OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO EN LA FÁBRICA FEDERER**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**NELSON FERNANDO RAMOS CARRILLO**  
ferramosec@yahoo.com

**DIRECTOR: Ing. OSWALDO ACUÑA**  
oswaldo.acuna@epn.edu.ec

**Quito, Septiembre 2010**

© Escuela Politécnica Nacional 2010  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo Nelson Fernando Ramos Carrillo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Nelson Fernando Ramos Carrillo

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Nelson Fernando Ramos Carrillo, bajo mi supervisión.

---

Ing. Oswaldo Acuña  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DEDICATORIA**

A los que obran bien y a los que obran mal, a los comprometidos y a los que se disculpan, a los que tienen pasión por lo que hacen y a los que sienten obligación, a los inocentes y a los maliciosos, a los que intentan y a los que se dejan llevar y sobre todo a los valientes y a los débiles.....

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
1. Revisión bibliográfica.....	<b>1</b>
1.1 Problemática ambiental y riesgos para la salud relacionados con el desecho de subproductos cárnicos.....	<b>1</b>
1.2 Características del tejido óseo.....	<b>3</b>
1.3 Constitución y anatomía del hueso.....	<b>3</b>
1.4 Clasificación de los huesos.....	<b>7</b>
1.5 Composición del hueso.....	<b>8</b>
1.6 Factores considerados en la elaboración de harina de carne y hueso.....	<b>12</b>
1.7 Tecnología para la obtención de harinas a partir de subproductos cárnicos.....	<b>16</b>
1.8 Control de calidad en las harinas de carne y hueso.....	<b>19</b>
1.9 Aspectos microbiológicos .....	<b>20</b>
2. Parte experimental.....	<b>25</b>
2.1 Caracterización física y química de los huesos de res provenientes de la fábrica de embutidos Federer.....	<b>25</b>
2.2 Determinación de los volúmenes de huesos dispuestos para su conversión en harina.....	<b>27</b>
2.3 Operaciones de procesamiento y de control en la elaboración de harina de hueso.....	<b>28</b>
2.4 Análisis de la demanda de fuentes de proteína y minerales empleados por los fabricantes de balanceados.....	<b>35</b>
2.5 Dimensionamiento, capacidades de equipos y diseño de planta para la elaboración de harina de hueso.....	<b>35</b>
2.6 Análisis de los principales factores de costo.....	<b>36</b>
3. Resultados y discusión.....	<b>37</b>
3.1 Volumen de huesos que se desechan en la fábrica Federer y su gestión.....	<b>37</b>
3.2 Características de la materia prima.....	<b>38</b>
3.2.1 Caracterización física.....	<b>38</b>
3.2.2 Caracterización química .....	<b>40</b>
3.3 Proceso de elaboración de harina de hueso.....	<b>43</b>
3.3.1 Reducción de tamaño y ruptura de células óseas.....	<b>43</b>
3.3.2 Tratamiento térmico.....	<b>47</b>
3.3.3 Prensado.....	<b>51</b>
3.3.4 Análisis granulométrico.....	<b>53</b>
3.4 Evaluación del mercado de la harina de hueso.....	<b>55</b>
3.4.1 Definición del producto.....	<b>55</b>
3.4.2 Estadísticas de la demanda.....	<b>56</b>
3.4.3 Aspectos relacionados con la oferta.....	<b>58</b>
3.4.4 Mercado del producto.....	<b>59</b>
3.4.5 Comercialización.....	<b>59</b>
3.5 Estudio técnico.....	<b>60</b>
3.5.1 Ubicación de la planta.....	<b>60</b>
3.5.2 Capacidad de producción.....	<b>60</b>

3.5.3 Proceso de elaboración del producto.....	<b>60</b>
3.5.4 Programa de trabajo.....	<b>62</b>
3.5.5 Dimensionamiento básico de equipos.....	<b>66</b>
3.5.6 Dimensionamiento de áreas.....	<b>68</b>
3.6 Estudio económico.....	<b>69</b>
3.6.1 Inversión total y fija.....	<b>71</b>
3.6.2 Capital de operación.....	<b>72</b>
3.6.3 Punto de equilibrio.....	<b>72</b>
3.6.4 Tasa interna de retorno.....	<b>74</b>
4. Conclusiones y recomendaciones.....	<b>77</b>
4.1 Conclusiones.....	<b>77</b>
4.2 Recomendaciones.....	<b>81</b>
Referencias bibliográficas.....	<b>83</b>
Anexos.....	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.1</b>	Composición de un hueso de toro desgrasado y seco <span style="float: right;"><b>9</b></span>
<b>Tabla 1.2</b>	Composición de un hueso de bovino adulto <span style="float: right;"><b>10</b></span>
<b>Tabla 1.3</b>	Composición mineral de un hueso de bovino desgrasado y seco <span style="float: right;"><b>11</b></span>
<b>Tabla 1.4</b>	Contenido nutricional de cinco harinas de origen animal <span style="float: right;"><b>13</b></span>
<b>Tabla 1.5</b>	Efecto de la temperatura sobre los coeficientes de disponibilidad de lisina en las harinas de carne y hueso procesadas a presión atmosférica <span style="float: right;"><b>14</b></span>
<b>Tabla 1.6</b>	Eficacia del tratamiento térmico para la transformación de subproductos <span style="float: right;"><b>21</b></span>
<b>Tabla 2.1</b>	Métodos utilizados para el análisis proximal de la mezcla de huesos de res <span style="float: right;"><b>27</b></span>
<b>Tabla 2.2</b>	Tamices empleados para los análisis granulométricos del afrechillo y harina obtenida <span style="float: right;"><b>29</b></span>
<b>Tabla 2.3</b>	VARIABLES DE CONTROL DURANTE EL TRATAMIENTO TÉRMICO <span style="float: right;"><b>32</b></span>
<b>Tabla 3.1</b>	Cantidades de tejido óseo desechadas por la fábrica Federer para el período marzo -octubre del año 2008 <span style="float: right;"><b>38</b></span>
<b>Tabla 3.2</b>	Masas y volúmenes de una mezcla de huesos con longitudes entre 2 y 10 cm para la estimación de la densidad del material <span style="float: right;"><b>39</b></span>
<b>Tabla 3.3</b>	Análisis proximal de una mezcla representativa de huesos frescos de res que se desechan en la fábrica Federer <span style="float: right;"><b>41</b></span>
<b>Tabla 3.4</b>	Variabilidad de los porcentajes de tejido adiposo y humedad de acuerdo al tipo de hueso en reses <span style="float: right;"><b>41</b></span>
<b>Tabla 3.5</b>	Efecto del tiempo y temperatura en cuatro muestras de harina de hueso <span style="float: right;"><b>48</b></span>
<b>Tabla 3.6</b>	Diferencias en valor absoluto de las medias de muestras de harina tratadas a 116 °C y 148 °C por 80 y 120 minutos con respecto a las variables humedad y grasa <span style="float: right;"><b>50</b></span>
<b>Tabla 3.7</b>	Porcentajes de extracción de grasa durante la cocción y compresión del material a una fuerza ejercida entre 3500 Kg* y 5000 Kg* <span style="float: right;"><b>52</b></span>
<b>Tabla 3.8</b>	Porcentajes de retención en los tamices No. 20, 40, 50, 80, 100 para el afrechillo de referencia <span style="float: right;"><b>53</b></span>
<b>Tabla 3.9</b>	Porcentajes de retención en los tamices No. 20, 40, 50, 80, 100 para tres muestras de harina de huesos de res provenientes de la fábrica Federer <span style="float: right;"><b>54</b></span>
<b>Tabla 3.10</b>	Producción de alimentos balanceados en el Ecuador para el período 2000-2006 <span style="float: right;"><b>57</b></span>
<b>Tabla 3.11</b>	Producción avícola en el Ecuador para el período 2000-2006 <span style="float: right;"><b>57</b></span>



<b>Tabla 3.12</b>	Requerimientos energéticos y capacidades de las sierras de banda a emplearse	<b>66</b>
<b>Tabla 3.13</b>	Resumen de la inversión total para la implementación del proyecto	<b>71</b>
<b>Tabla 3.14</b>	Resumen de la inversión fija para la implementación del proyecto	<b>71</b>
<b>Tabla 3.15</b>	Rubros considerados para determinar el capital de operación	<b>72</b>
<b>Tabla 3.16</b>	Ventas netas anuales para 1140 quintales de harina y 144 tanques de sebo en el primer año	<b>73</b>
<b>Tabla 3.17</b>	Comportamiento de las ventas netas debido a factores de oferta y demanda en los primeros diez años de proyecto	<b>73</b>
<b>Tabla 3.18</b>	Estado de resultados para el proyecto	<b>74</b>
<b>Tabla 3.19</b>	Balance de ingresos y egresos para determinar el TIR y VAN durante la primera década del proyecto	<b>76</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1:</b> Componentes y partes anatómicas de un hueso típico largo	<b>4</b>
<b>Figura 1.2:</b> Sección transversal de un hueso compacto de humano	<b>5</b>
<b>Figura 1.3:</b> Corte sagital de un hueso largo de caballo	<b>6</b>
<b>Figura 1.4:</b> Sección de una mandíbula inferior de humano	<b>7</b>
<b>Figura 1.5:</b> Porcentajes relativos de las partes orgánica, mineral y acuosa en el fémur de una rata	<b>11</b>
<b>Figura 2.1:</b> Esquema de la obtención de harina de huesos a nivel de planta piloto	<b>30</b>
<b>Figura 3.1:</b> Distribución de frecuencias para los pedazos de hueso de res después de su reducción de tamaño	<b>44</b>
<b>Figura 3.2:</b> Variación de la longitud para los pedazos de hueso de res después de la ruptura de las células óseas	<b>45</b>
<b>Figura 3.3:</b> Balance de masa para obtener 95 quintales de harina de hueso mensuales	<b>61</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Comparación de riesgos biológicos y químicos para cinco alternativas de manejo de subproductos cárnicos	<b>87</b>
<b>ANEXO II</b> Comparación diferencial entre hueso compacto y hueso esponjoso	<b>88</b>
<b>ANEXO III</b> Aminoácidos presentes en las proteínas de la sustancia fundamental en huesos de vertebrados	<b>89</b>
<b>ANEXO IV</b> Contenidos de proteína, calcio y fósforo para harinas animales y vegetales	<b>90</b>
<b>ANEXO V</b> Valores de disponibilidad de fósforo en pollos para fosfatos comerciales y harina de hueso	<b>91</b>
<b>ANEXO VI</b> Disponibilidad y digestibilidad de algunas fuentes de calcio en terneros jóvenes y maduros	<b>92</b>
<b>ANEXO VII</b> Etapas del proceso continuo de transformación por vía seca para la elaboración de harina de carne y hueso	<b>93</b>
<b>ANEXO VIII</b> Análisis “in vitro” para predecir la calidad de las harinas de carne y hueso en pollos	<b>94</b>
<b>ANEXO IX</b> Resultados del análisis proximal de una mezcla de huesos de cerdo	<b>95</b>
<b>ANEXO X</b> Resultados de las longitudes de los pedazos de hueso después del corte y ruptura de células óseas	<b>96</b>
<b>ANEXO XI</b> Cálculos relacionados a los triplicados de muestras de harina para el análisis de varianza con respecto a la humedad	<b>97</b>
<b>ANEXO XIII</b> Etapas del proceso a aplicarse en la planta	<b>98</b>

<b>ANEXO XII</b>	<b>99</b>
Cálculos relacionados a los triplicados de muestras de harina para el análisis de varianza con respecto a la grasa	
<b>ANEXO XIV</b>	<b>100</b>
Resumen de las actividades de cada proceso para la obtención de harina de hueso	
<b>ANEXO XV</b>	<b>101</b>
Resumen de las actividades de cada proceso para la obtención de harina de hueso	
<b>ANEXO XVI</b>	<b>102</b>
Horarios propuestos para procesar 350 kg de huesos frescos	
<b>ANEXO XVII</b>	<b>103</b>
Horarios propuestos para procesar 350 kg de huesos frescos	
<b>ANEXO XVIII</b>	<b>104</b>
Dimensionamiento de áreas en la futura planta procesadora de harina de hueso	
<b>ANEXO XIX</b>	<b>105</b>
Detalle de los rubros considerados para la inversión fija	
<b>ANEXO XX</b>	<b>106</b>
Detalle del capital de operación	
<b>ANEXO XXI</b>	<b>107</b>
Detalle de los costos de producción y gastos de financiamiento	

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y RIESGOS PARA LA SALUD RELACIONADOS CON EL DESECHO DE SUBPRODUCTOS CÁRNICOS

La acumulación y descomposición sin ningún control de los desechos de la industria cárnica puede convertirse en un peligro biológico substancial que amenaza al medio ambiente, la salud humana y animal. Estos materiales proveen condiciones óptimas para el desarrollo de organismos causantes de enfermedades, permiten el refugio de roedores, insectos y predadores en áreas densamente pobladas (Hamilton *et al.*, 2006).

La acumulación en botaderos de basura, entierro, incineración y abandono de los subproductos cárnicos son frecuentemente las opciones de desecho aplicables de acuerdo con la ubicación geográfica y regulaciones a las que se encuentran sometidas las industrias procesadoras de carne y camales (Hamilton *et al.*, 2006).

Al enterrar los residuos en áreas densamente pobladas se genera un alto riesgo de contaminación de los suelos y aguas superficiales, además si este método no se efectúa de la manera correcta se pueden presentar los peligros biológicos mencionados inicialmente (Hamilton *et al.*, 2006).

La incineración es un método eficaz para reducir el riesgo de la exposición humana a microorganismos patógenos. Sin embargo resulta costosa debido al combustible que se requiere para tal efecto, conjuntamente grandes cantidades de cenizas se acumulan después del proceso las mismas que generan otro problema de desecho.

Adicionalmente esta opción produce dioxinas que son sustancias químicas tóxicas para la piel, sistema inmunológico, sistema reproductivo, sistema

endócrino y pueden causar cáncer (Hamilton *et al.*, 2006; European Centre for Environment and Health Programme on Chemical Safety, 1998).

El abandono de los desechos cárnicos es la solución más barata y tentativa para deslindarse de responsabilidades. Sin embargo, los seres vivos están totalmente expuestos a los peligros biológicos (Hamilton *et al.*, 2006).

La acumulación de subproductos cárnicos en botaderos de basura exhibe mayor riesgo a los seres humanos que ejecutan esas labores. Estos materiales ocupan espacio que con el crecimiento de la población y el consecuente aumento de basura causan problemas de gestión de los desechos en cualquier ciudad. Adicionalmente la descomposición en los botaderos es un proceso lento a temperaturas relativamente bajas entre 54 °C y 65 °C que limitan la destrucción de todos los microorganismos patógenos (Hamilton *et al.*, 2006).

Los desechos cárnicos contienen nutrientes que se pueden aprovechar mediante su transformación en harinas para incorporarlas en alimentos balanceados. Esta alternativa segura, responsable y de alto valor económico presenta ventajas como el procesamiento inmediato de los subproductos para evitar su descomposición prematura, reducción del volumen de basura, disminución de la contaminación ambiental y el riesgo de enfermedades (Hamilton *et al.*, 2006).

Debido al incremento de las necesidades alimentarias en la población en cuanto a huevos, leche y carne se requiere que la nutrición de los animales de explotación no sólo dependa de fuentes vegetales sino también del aprovechamiento de subproductos animales. Las industrias avícola y porcina son los principales consumidores de harinas de carne y hueso (Hamilton *et al.*, 2006).

Ciertos órganos de reses y mamíferos representan un peligro en cuanto a la transmisión de la Encefalopatías que para ganado vacuno se conoce como Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB), la cual es transmisible a seres

humanos (Organización Mundial de la Salud *et al.*, 2001). En el Anexo I se presenta una comparación de los métodos de manejo de subproductos cárnicos y sus potenciales riesgos para la salud humana. Se destaca el reducido impacto que ocasiona el transformar los materiales en harinas y otros productos.

## **1.2 CARACTERÍSTICAS DEL TEJIDO ÓSEO**

El hueso es tejido conectivo y materia viva que contiene vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios. Sus funciones son mantener constante el ambiente iónico dentro del organismo mediante regulación homeostática, proporcionar locomoción con la ayuda de músculos y tendones, prestar soporte a los tejidos y protección a los órganos blandos como corazón, médula espinal, encéfalo y pulmones, la médula almacena minerales y participa en la formación de células sanguíneas como hematíes y leucocitos (Sisson y Grossman, 1999; Dukes y Swenson, 1981).

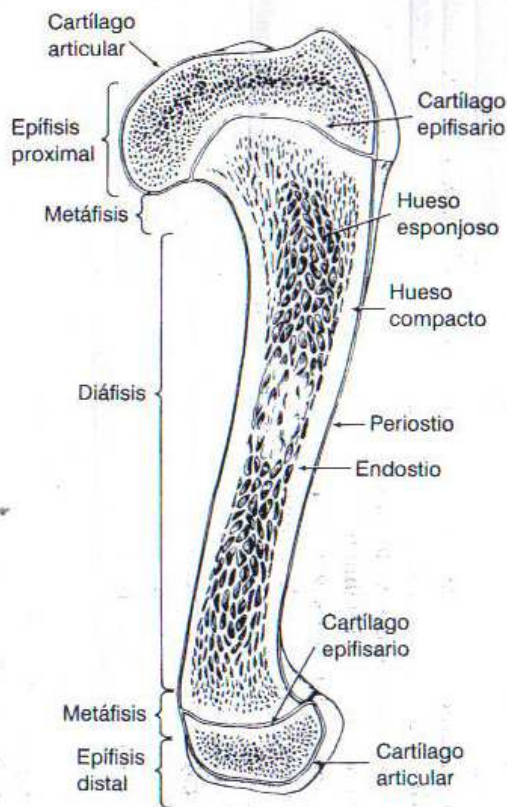
Los huesos son poco elásticos, es decir que por medio de la acción de una fuerza externa no recobran su disposición inicial si esta cesa. Las fuerzas de compresión y tensión de un hueso fresco son de 137,30 MPa y 103,40 MPa respectivamente, su gravedad específica es de 1,90 (Sisson y Grossman, 1999; Frandson y Spurgeon, 2001).

## **1.3 CONSTITUCIÓN Y ANATOMÍA DEL HUESO**

En la figura 1.1 se representan las principales partes anatómicas de un hueso largo típico. Se compone desde el exterior hacia su interior del periostio, hueso compacto, hueso esponjoso, endostio y cavidad medular la misma que está presente sólo en huesos largos (Sisson y Grossman, 1999).

Las epífisis son las extremidades y tienen en su mayoría hueso esponjoso. La diáfisis es el fuste largo formado por hueso compacto, esta área contiene la

mayoría de médula ósea. La metáfisis es el sitio de unión entre la epífisis y la diáfisis (Frandsen y Spurgeon, 2001; Dukes y Swenson, 1981).



**Figura 1.1.** Componentes y partes anatómicas de un hueso típico largo (Frandsen y Spurgeon, 2001)

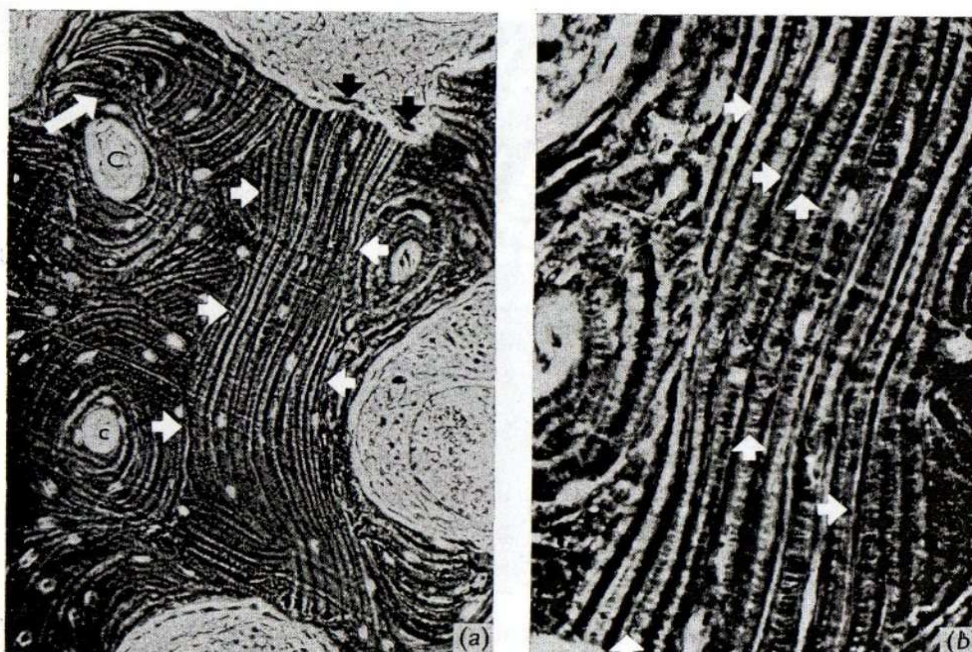
El periostio es la membrana fibrosa de tejido conectivo denso que cubre la superficie externa de los huesos. Está formado por haces de colágeno conocidos como fibras de Sharpey que insertan el periostio al hueso. Contiene hacia el exterior vasos sanguíneos y fibras nerviosas mientras que en su interior tiene células llamadas osteoblastos que permiten el crecimiento y reparación de los huesos. (Sisson y Grossman, 1999; Dukes y Swenson, 1981).

El hueso compacto es la cubierta dura exterior compuesta de sustancia calcificada llamada matriz ósea que forma capas paralelas concéntricas muy



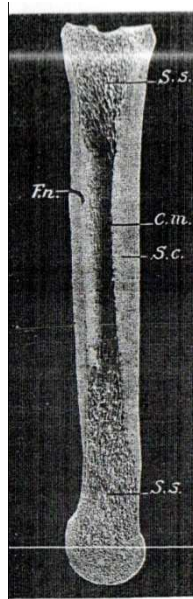
densas llamadas lámelas que se muestra en la figura 1.2, representa el 80 % de la masa ósea en un adulto. (Sisson y Grossman, 1999).

A lo largo de la matriz lamelar existen cavidades que están llenas de células óseas, los osteocitos que sirven para la formación del tejido óseo. En sentido longitudinal también se encuentran unos canales vasculares que se conocen como el sistema haversiano estos contienen vasos sanguíneos, en la figura 1.2 se muestran áreas con la letra c que corresponden a este sistema. En sentido transversal existen otros pasajes que se denominan conductos de Volkmann. Los vasos sanguíneos que van desde el exterior hacia el interior del hueso se comunican con el sistema haversiano por medio de los conductos de Volkmann (Hancox, 1972; Sisson y Grossman, 1999).



**Figura 1.2.** Sección transversal de un hueso compacto de humano  
(Hancox, 1972)

- a. Muestra dos canales del sistema haversiano con la letra c, se aprecian también las líneas concéntricas de las lámelas.
- b. Ampliación (x400) de las lámelas en a. la orientación de las fibras de colágeno es la misma en cada lámela pero difiere de las vecinas.



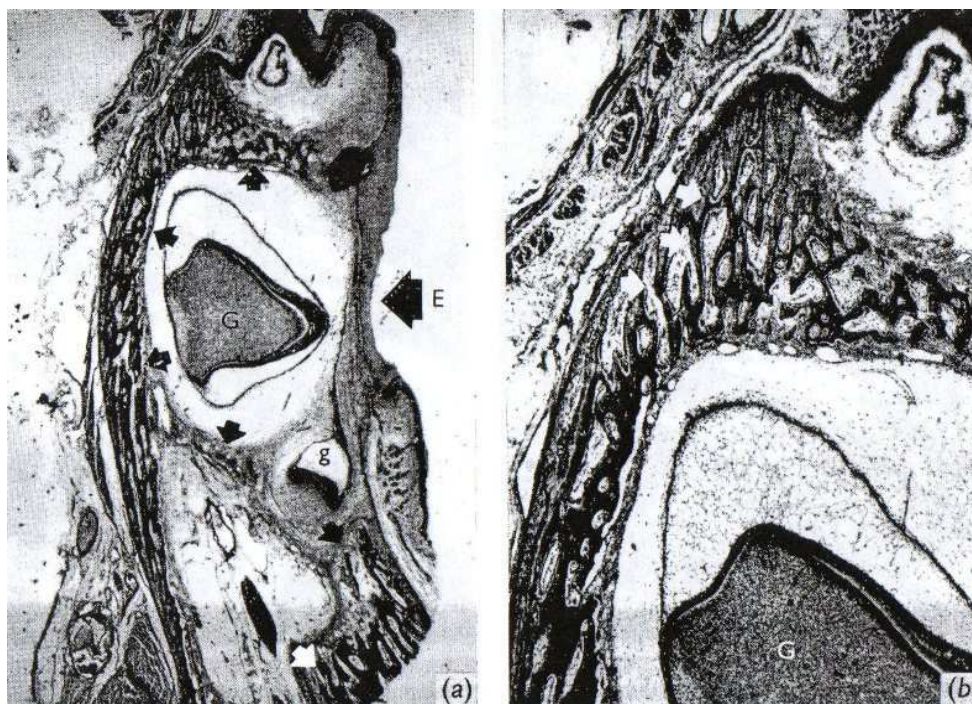
**Figura 1.3.** Corte sagital de un hueso largo de caballo

(Sisson y Grossman, 1999)

C.m. cavidad medular; F.n. foramen nutricio; S.c. hueso compacto; S.s. hueso esponjoso.

En la figura 1.3 se evidencia la abundante presencia de hueso compacto con relación a la poca presencia de hueso esponjoso, este último tiene una forma tridimensional similar a la del queso gruyere es decir tiene espacios huecos separados por paredes o matriz de diferente grosor, en el Anexo II se muestra una comparación diagramática que representa la diferencia entre hueso esponjoso y compacto.

A las paredes del hueso esponjoso se las conoce como trabéculas las mismas que forman una red de delgadas espículas que dejan espacios huecos a través de los cuales se asienta poca cantidad de médula, vasos sanguíneos y tejido conectivo. En la figura 1.4 se observa como el hueso esponjoso de la mandíbula inferior de un humano rodea la cavidad dental, en esta figura se aprecia también la estructura del hueso esponjoso con sus espacios huecos característicos. La sustancia esponjosa es el principal componente en los huesos cortos y epífisis de los huesos largos, comprende el 20 % restante de la masa ósea (Dukes y Swenson, 1981; Hancox, 1972; Sisson y Grossman, 1999).



**Figura 1.4.** Sección de una mandíbula inferior de humano  
(Hancox, 1972)

- a. Trabéculas del hueso esponjoso alrededor de un diente.
- b. Amplificación de a. (x25) los espacios en negro que rodean las trabéculas corresponden a los vasos sanguíneos, médula y tejido conectivo.

El endostio es una membrana fibrosa y fina que reviste la cavidad medular y los canales del sistema haversiano (Sisson y Grossman, 1999; Frandson y Spurgeon, 2001). La cavidad medular tiene médula en los huesos largos, el animal adulto posee dos tipos de médula roja y amarilla.

Los animales jóvenes solamente poseen médula roja que en los huesos largos sufre estados transicionales hasta que se reemplaza por médula amarilla durante el crecimiento. La médula roja es formadora de sangre mientras que la médula amarilla en su mayoría es tejido adiposo (Sisson y Grossman, 1999).

## 1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS HUESOS

Existen cuatro tipos de huesos largos, planos, cortos e irregulares (Sisson y Grossman, 1999). Los huesos largos tienen forma cilíndrica con

ensanchamientos en sus extremidades, la parte tubular cilíndrica comprende la cavidad medular que contiene médula ósea. En este grupo se encuentran los huesos de las extremidades delanteras y posteriores. (Sisson y Grossman, 1999, Dukes y Swenson, 1981).

Los huesos planos son de dos dimensiones con dos capas de hueso compacto y una capa intermedia de hueso esponjoso. Dentro de esta clasificación están la escápula y en gran número los huesos del cráneo (Sisson y Grossman, 1999, Dukes y Swenson, 1981).

Los huesos cortos son similares en longitud, ancho y grosor. Poseen hueso esponjoso recubierto con una delgada capa de hueso compacto. Entre estos están el carpo, tarso y huesos que se desarrollan en las articulaciones. Por último, los huesos irregulares comprenden las vértebras y los de la base del cráneo (Sisson y Grossman, 1999).

## **1.5 COMPOSICIÓN DEL HUESO**

En el hombre y mamíferos superiores el hueso se compone de colágeno, sustancia fundamental y minerales (Dukes y Swenson, 1981; Hancox, 1972).

El colágeno y la sustancia fundamental comprenden la parte orgánica del hueso, mientras que la fase inorgánica comprende las sales minerales. La rigidez y consistencia típica del hueso se debe a que las fibras de colágeno forman andamios sobre los cuales se depositan los cristales de las sales minerales.

La relación de la parte orgánica con la inorgánica es de 1:2 aproximadamente. (Fourman *et al.*, 1968; Sisson y Grossman, 1999; Veis, 1988). En la tabla 1.1 se muestra la composición media de la fracción orgánica y mineral de un hueso de toro.

La parte mineral generalmente ocupa entre el 65 % y 70 % mientras que la parte orgánica entre el 30 % al 35 % sobre la base del peso seco (Dukes y Swenson, 1981).

**Tabla 1.1.** Composición de un hueso de toro desgrasado y seco

Nutriente	Porcentaje
Colágeno (gelatina)	33,30
Fosfato de cal	57,35
Carbonato de cal	3,85
Fosfato magnésico	2,05
Carbonato y cloruros sódicos	3,45
Total	100,00

(Sisson y Grossman, 1999)

El colágeno es una proteína fibrosa que comprende un tercio de la proteína total en el cuerpo humano y mamíferos superiores, en los huesos esta proteína ocupa el 95 % de la fracción orgánica.

Su función básica es la de proporcionar resistencia a los tejidos ya que forma una fuerte estructura en red que proporciona la forma característica de los huesos (Dukes y Swenson, 1981; Fourman *et al.*, 1968).

El colágeno no contiene triptófano ni cisteína, además posee pocas cantidades de tirosina, histidina y metionina. Sin embargo es rico en glicina que ocupa un tercio de la composición en aminoácidos. Otro tercio, lo ocupan la prolina e hidroxiprolina y el resto otros aminoácidos como lisina e hidroxilisina. La hidroxiprolina e hidroxilisina se las encuentra solo en tejidos animales. (Fourman *et al.*, 1968; Dukes y Swenson, 1981).

La sustancia fundamental comprende entre el 5 % y 10 % de la parte orgánica en el hueso, esta se reparte entre las fibras de colágeno. Esta sustancia se compone de muco-polisacáridos ácidos (sulfato de condroitina), proteína no estructural, electrolitos y agua.

En la tabla 1.2 se muestra la poca presencia de la sustancia fundamental en el hueso en comparación con el colágeno y la fracción mineral (Dukes y Swenson, 1981; Fourman *et al.*, 1968).

**Tabla 1.2.** Composición de un hueso de bovino adulto

Componentes	Porcentaje
Materia inorgánica insoluble en agua	69,67
Materia inorgánica soluble en agua	1,25
Colágeno	18,64
Complejo mucopolisacárido-proteína	0,24
Materia proteínico resistente	1,02
Pérdida de agua a menos de 105 °C	8,18
Total	99,00

(Hancox, 1972)

El Anexo III se muestra la composición en aminoácidos de las proteínas de la sustancia fundamental donde se observa gran cantidad de ácido glutámico y ácido aspártico, también no se evidencia la presencia de hidroxiprolina e hidroxilisina que si están presentes en el colágeno (Veis,1988).

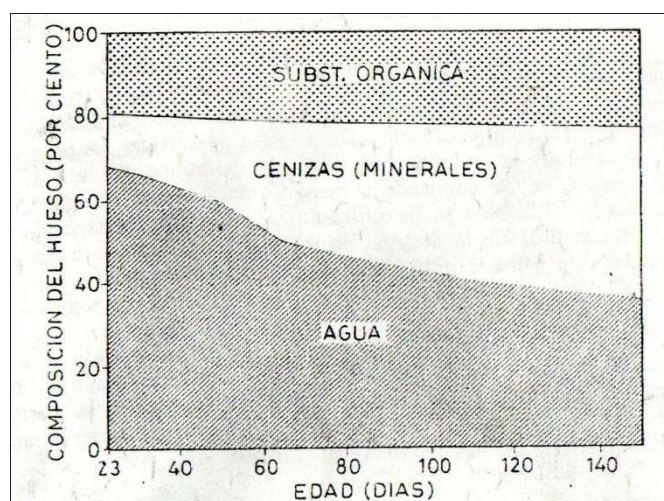
Con respecto a la fracción mineral, en la tabla 1.3 se presenta un detalle del contenido de minerales presentes en los huesos de vacuno. La composición de la fracción mineral posee en su mayoría calcio, fosfatos e iones hidroxilo.

Adicionalmente puede contener en menor proporción cationes de magnesio y estroncio. Aproximadamente el 80% es fosfato de calcio el resto es fosfato de magnesio, fosfato de sodio, carbonato de calcio y citrato de calcio, también en menores proporciones potasio, sodio, fluoruros y cloruros. (Frandsen y Spurgeon, 2001; Hancox, 1972).

**Tabla 1.3.** Composición mineral de un hueso de bovino desgrasado y seco

Constituyentes del hueso	Porcentaje	Miliequivalentes por gramo
<b>Cationes</b>		
Calcio	26,70	13,30
Magnesio	0,44	0,36
Sodio	0,73	0,32
Potasio	0,05	0,01
<b>Aniones</b>		
Fósforo como $PO_4^{-3}$	12,50	12,10
Dióxido de carbono como $CO_3^{-2}$	3,50	1,60
Acido cítrico como $Cit^{-2}$	0,36	0,14
Cloruros	0,08	0,02
Fluoruros	0,07	0,04
Cociente molar Ca/P	-	1,65

(Dukes y Swenson, 1981)



Durante el crecimiento de la rata se reemplaza progresivamente el contenido de humedad por el de minerales y se mantiene constante la fracción orgánica.

(Dukes y Swenson, 1981)

**Figura 1.5.** Porcentajes relativos del componente orgánico, mineral y acuoso para el fémur de una rata en crecimiento

La estructura maciza del hueso se debe a la presencia de sales, su composición es similar a las apatitas las que contienen cationes divalentes, aniones trivalentes tetraédricos y aniones monovalentes que análogamente en los huesos corresponden a cationes de calcio, orto fosfatos y aniones hidroxilo respectivamente. La relación Ca/P en teoría es de 1:6 que incrementa con la edad (Hancox, 1972). En la figura 1.5 se aprecia que durante el crecimiento del hueso a medida que el hueso crece, la fracción mineral aumenta mientras que el contenido de humedad disminuye, por otro lado la parte orgánica se mantiene relativamente constante (Dukes y Swenson, 1981).

## **1.6 FACTORES CONSIDERADOS EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CARNE Y HUESO**

Los aspectos de mayor relevancia en cuanto a la elaboración de harina de carne y hueso son los tipos de subproductos cárnicos a emplearse, contenido final de nutrientes en la harina, valores de digestibilidad de las proteínas y disponibilidad de calcio y fósforo.

Los subproductos cárnicos son pedazos de carne, cueros, plumas, cabezas, pezuñas, sangre y vísceras (Blakley, 2005). La canal es el animal eviscerado y se comercializa como carne, los huesos son parte de la canal pero al separarlos del tejido muscular se convierten en subproductos (Carballo *et al.*, 2001; López y Vanaclocha, 2004).

Estos subproductos se pueden transformar en harinas después de la extracción de ciertos porcentajes de tejido adiposo y humedad. Las harinas se emplean como mezclas en los alimentos balanceados puesto que son fuentes de proteína, grasas, minerales y vitaminas (Hamilton, 1996; National Renderers Association, Inc., 2006; National Renderers Association, Inc., 2008). Los nutrientes y porcentajes de las harinas de carne y hueso se presentan en la tabla 1.4, también se muestra una comparación con otros tipos de harinas que se obtienen a partir de subproductos cárnicos.



**Tabla 1.4.** Contenido nutricional de cinco harinas de origen animal

Nutriente	Harina de carne y hueso	Harina de carne	Harina de plumas hidrolizada	Harina de menudencias	Harina de sangre
Proteína cruda (%)	50	55	80	58	85
Grasa cruda (%)	10	10	6	12	1
Fibra cruda (%)	3	2	3	2	1
Ceniza cruda (%)	29	15	3	18	5
Humedad (%)	8	8	8	7	10
Calcio (%)	10	9	0,3	3	0,3
Fosforo (%)	5	4	0,5	1,7	0,3
Metionina (%)	0,7	0,8	0,6	1,2	0,6
Metionina y Cisteína (%)	1	1	4	2,2	2
Lisina (%)	3	3	2	2,7	7
Triptófano (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	1

(National Renderers Association, Inc., 2006)

El contenido proteínico en las harinas de carne y hueso que se observa en la tabla 1.4 es inferior al de las otras harinas de origen animal. Sin embargo en la tabla 1 del Anexo IV se aprecia que con respecto a las fuentes de origen vegetal, la harina de carne y hueso tiene valores cercanos a estas. La única fuente que posee superior contenido de proteína es la harina de sangre (Shimada, 2003).

En cuanto a la digestibilidad de proteínas, esta se define como la cantidad de un nutriente en porcentaje que el animal digiere o asimila cuando este pasa por el tubo gastrointestinal. Las pastas proteicas, las harinas de pescado y las harinas de carne y hueso son de alta digestibilidad en todas las especies, mientras que las harinas de sangre, pelo y plumas tienen baja disponibilidad (Shimada, 2003).

El proceso térmico que se aplica a las materias primas para obtener harina de carne y hueso tiene como objetivos extraer grasa, esterilizar el material y extraer agua del producto. Se conoce que el incremento de temperatura afecta la disponibilidad de los aminoácidos en la alimentación de animales no rumiantes (Hamilton, 1996).

En la tabla 1.5 se muestran los efectos de la temperatura con respecto a la disponibilidad de lisina para la harina de carne y hueso. Hamilton, 1996 sometió a la harina a cuatro pruebas de calor para luego proveerla en raciones alimenticias de ratas y pollos, el tratamiento implicó temperaturas de 125 °C y 150 °C. Cuando la harina se expuso a 125 °C y se retiró rápidamente, no se afectó la disponibilidad en pollos. Mientras que cuando se sometió a la harina a un tiempo de 240 minutos a 125 °C no mostró diferencia significativa en la disponibilidad de lisina, pero cuando el material se calentó por 240 minutos a más de 150 °C la disponibilidad de este aminoácido se redujo considerablemente. La industria de procesamiento de harinas de carne y hueso emplea una temperatura promedio de 130 °C y su máxima es de 150 °C (Anderson, 2006).

**Tabla 1.5.** Efecto de la temperatura sobre los coeficientes de disponibilidad de lisina en las harinas de carne y hueso procesadas a presión atmosférica

Tipo de tratamiento	Análisis DNFB <sup>a</sup>		Análisis de relación de pendientes	
	Indirecto	Directo	Ratas	Pollos
Tratamiento con calor				
Bajo <sup>b</sup>	0,81	0,80	0,67	1,00
Medio <sup>c</sup>	0,74	0,75	0,58	0,86
Alto <sup>d</sup>	0,55	0,52	0,26	0,54

(Hamilton, 1996)

- a. DNFB, análisis para determinar lisina aprovechable por medio del reactivo 1-fluor-2,4, di nitrobenzeno.
- b. Materia prima fresca sometida a una temperatura de 125 °C y retirada del calor.
- c. Materia prima fresca sometida a una temperatura de 125 °C durante 240 minutos.
- d. Materia prima fresca sometida a una temperatura de 125 °C durante 4 minutos y después calentada hasta 150 °C durante 240 minutos más.

Hamilton, 1996 señala que no hay diferencia en la digestibilidad de aminoácidos para ratas y cerdos en fuentes de proteína que se someten al calor, inclusive encontró que los pollos son menos sensibles que los cerdos con respecto a la digestibilidad de harinas de carne y hueso tratadas con calor.

Por otro lado el aumento de la temperatura afecta la digestibilidad de los aminoácidos de acuerdo al tipo de tejido. Por ejemplo los músculos y vísceras

presentaron una baja en su digestibilidad al aumentar la temperatura de 110 °C a 130 °C. Sin embargo la digestibilidad de los tejidos duros del hueso y tejidos asociados mejoró con el mismo incremento de temperatura. Inclusive cuando se cocino una mezcla de tejidos blandos y duros la digestibilidad fue similar a la de los tejidos duros en las condiciones señaladas anteriormente (Hamilton, 1996).

Aparte de la energía que proporcionan las proteínas, las harinas de carne y hueso poseen entre el 8 % y el 13 % de grasa que complementan las necesidades energéticas de los animales y mejoran la palatabilidad de los alimentos balanceados (Parsons *et al.*, 1997; National Renderers Association Inc., 2006).

Con respecto al calcio y fósforo su riqueza en las harinas de carne y hueso es superior a las otras harinas de origen animal y vegetal que se utilizan en la industria de alimentos balanceados (National Renderers Association Inc., 2006, Hamilton, 1996). Estas grandes diferencias se aprecian en la tabla 1.4 para las fuentes animales y en la tabla 2 del Anexo IV para las fuentes vegetales.

En el mercado existe gran variedad de productos como fuentes de calcio y fósforo para la industria de balanceados que provienen en su mayoría de depósitos de origen volcánico. Estos productos son fosfatos defluorinados y fosfatos mono y di cálcicos (Thomsen, 1995; Waldroup, 1996). Dichos fosfatos de roca en su forma cruda no son utilizables por los animales y deben pasar por una serie de procesos químicos para volverlos disponibles. Adicionalmente la mayoría de fosfatos de roca contienen elementos tóxicos que no se permiten en ciertos niveles para la nutrición animal (Thomsen, 1995).

Las mencionadas sustancias tóxicas para la alimentación animal son Al, As, Ba, Cd, Cr, F, Pb, Hg, Ni y V (Sullivan, *et al.*, 1994). De estos elementos el de mayor peligro es el flúor ya que su presencia en más del 1% puede afectar el desarrollo

sexual del animal, etapas de crecimiento lentas y reducción en la producción de huevos en aves (Waldroup, 1996).

En contraste las harinas de carne y hueso al ser también fuentes de calcio y fósforo poseen niveles variables pero generalmente bajos de elementos tóxicos como por ejemplo la cantidad de aluminio en las fuentes de rocas es de alrededor del 0,54%, mientras que en las harinas de hueso el contenido está entre 0,002 % y 0,003% (Waldroup, 1996; Sullivan *et al.*, 1994). La disponibilidad es el porcentaje de un nutriente capaz de ser aprovechado para uso metabólico o almacenamiento en los tejidos del animal, después de ser absorbido o digerido por el intestino (Guéguen, 1995).

En el Anexo V se muestra la disponibilidad del fósforo en la harina de carne y hueso y en diferentes fuentes inorgánicas para dietas de aves. La harina de carne y hueso tiene típicamente un alto valor biológico entre el 93 % y más del 100 % (Waldroup, 1996). En el Anexo VI se muestra la digestibilidad y disponibilidad del calcio en fuentes habituales de calcio y harina de hueso para dietas en terneros jóvenes y maduros.

Los valores de digestibilidad para la harina de carne y hueso se encuentran en un rango medio en comparación con las otras fuentes de calcio, mientras que la disponibilidad tiene valores altos, esto sugiere que los animales de explotación aprovechan el calcio en las harinas de carne y hueso en considerable proporción.

## **1.7 TECNOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINAS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS CÁRNICOS**

El objetivo principal en la obtención de estas harinas es conseguir la separación de ciertos porcentajes de humedad y grasa del material en proceso (National Renderers Association Inc., 2006). A inicios del siglo veinte se cocinaban los subproductos cárnicos en ollas con agua o en autoclaves.

El cocinar en ollas permitía la separación de las grasas en el agua durante el proceso mientras que en el autoclave al exponer los subproductos a vapor directo y presión superior a la atmosférica, se aceleraba el proceso y se obtenía mayor extracción de grasa (Bisplinhoff, 2006).

Los dos procesos que se mencionaron anteriormente se conocen como transformación por vía húmeda, estos resultaban contraproducentes con respecto al objetivo de separar humedad y grasa de los tejidos sólidos ya que dejaban gran cantidad de agua en los materiales sólidos objeto del calentamiento y la grasa formaba un caldo con el agua usada para el proceso. Por otro lado las proteínas se solubilizaban en el agua que generalmente se desechaba y generaba un desperdicio de este importante nutriente (Anderson, 2006; Bisplinghoof, 2006).

Por razones económicas particularmente debidas a la recuperación de proteína estos procesos se reemplazaron por el ahora conocido sistema de transformación por vía seca en el cual los subproductos son cargados en un cilindro horizontal con camisa de calentamiento y un agitador en el centro. Durante este proceso las células del tejido adiposo se abren debido a los cambios en las paredes celulares a medida que la humedad se separa debido al calor transmitido por el vapor contenido en la camisa de calentamiento (Bisplinhoff, 2006). Tres controles de calidad son fundamentales durante la cocción en el sistema de transformación por vía seca que son tamaño de partícula, temperatura de la camisa de calentamiento y revoluciones del agitador (Bisplinhoff, 2006).

La operación del sistema por vía seca puede realizarse de dos maneras proceso discontinuo también llamado batch y proceso continuo que trabaja a presión atmosférica. La automatización en el proceso continuo permite mayor control en la reducción de tamaño porque obtiene partículas uniformes, esto significa una mejor y consistente penetración de calor.

También se controla eficientemente tiempo y temperatura, sin embargo este proceso continuo se utiliza para industrias con grandes volúmenes de materia prima a procesar (Phillips *et al.*, 1998).

A continuación se describe el proceso continuo por vía seca cuyas etapas se aprecian en el Anexo VII. El material a procesar se recibe en tolvas para almacenamiento temporal (1), por medio de bandas transportadoras (2) la materia prima avanza a través de imanes (3) que remueven contaminantes metálicos, por gravedad los subproductos ingresan a una trituradora (4) que reduce de tamaño las materias primas para uniformizarlas y mejorar la transferencia de calor, los tamaños varían en cada planta entre 2 cm y 5 cm de longitud. La reducción de tamaño también permite romper las células de los tejidos para liberar grasa durante la cocción (Anderson, 2006; Bisplinhoff, 2006).

Las partículas se reciben en un recipiente con medida (5), de este se alimenta el material al digestor (6) a una tasa de alimentación controlada. En el digestor se realiza la cocción, este posee paletas para agitar la materia prima durante el proceso térmico. Se transmite calor indirecto hacia el material por medio de una camisa de calentamiento, las temperaturas fluctúan entre 115 °C y 150 °C y el tiempo entre 60 minutos y 120 minutos, estas variaciones se dan en cada planta de procesamiento y dependen del tipo de material en proceso. Esta acción permite conseguir la separación de humedad y liberación de grasa que se encuentran insertados en las proteínas y matriz lamelar de los huesos. La pasta grasosa y los sólidos salen del digestor a una tasa de descarga controlada (Anderson, 2006; Phillips *et al.*, 1998).

La pasta grasosa se descarga a una banda transportadora de escurridor (7) es decir la banda posee rejillas para separar los sólidos de la grasa líquida. El material sólido pasa a una banda transportadora (8) que lo lleva a prensas (9) que reducen el contenido de grasa a aproximadamente 10 % y 12 % (Anderson, 2006).

Los sólidos que no se prensaron, se los regresa al digestor. Mientras que el material sólido que se preno se pasa a una banda transportadora para transformarlo en harina mediante un molido y posteriormente empacarlo en sacos (Anderson, 2006).

La grasa que se filtra en las prensas pasa a una banda transportadora (12) en la que se separan partículas de sólidos, estos últimos regresan a la banda transportadora (8) mientras que la grasa se bombea al decantador (10) (Anderson, 2006).

La grasa del decantador se transporta a una centrífuga (11) que separa las impurezas sólidas de esta. La grasa clarificada procedente de la centrífuga se bombea para procesarla como materia prima de otros productos o se almacena. Los sólidos que se recogen en el decantador y la centrífuga se conducen hacia la banda transportadora (8) para prensarlos (Anderson, 2006).

El vapor que genera el material dentro del digestor se canaliza por una tubería hacia un condensador de aire fresco (13). Los gases no condensados se retiran por un ventilador. Tanto los gases que generan olor como los no condensados se transportan por tuberías a un sistema de neutralización de olores (Anderson, 2006). Las temperaturas y tiempos que se emplean en esta industria tienen un balance no solo para obtener los porcentajes requeridos de grasa y humedad en el producto final sino también para conseguir esterilización (Phillips *et al.*, 1998).

## **1.8 CONTROL DE CALIDAD EN LAS HARINAS DE CARNE Y HUESO**

La proteína cruda en las harinas debe contener como máximo un 9 % pepsina no digerible, mientras que el alimento balanceado hasta un 12 %. Si una proteína contiene pepsina no digerible en exceso los animales no son capaces de digerirla. (Meeker y Hamilton, 2006).

En el Anexo VIII se muestran los tipos de análisis que se emplean actualmente para determinar la calidad de la proteína, generalmente se emplea el método descrito por la AOAC que utiliza 0,2 % de pepsina con una actividad no diferente de 1:10,000, sin embargo algunos evaluadores utilizan concentraciones diferentes de esta enzima que van desde 0,2 % a 0,002 % (Hamilton, 1996). La fracción de proteína digestible por la acción de la pepsina puede disminuir a medida que su concentración disminuye, es así que los fabricantes de alimentos usan 0,2 % y 0,002 % de pepsina para determinar diferencias entre harinas de carne y hueso de alta y baja calidad. Es recomendable usar estos análisis a los de la AOAC por su utilidad en términos de control de calidad (Hamilton, 1996).

Con respecto a los minerales, el cociente calcio y fósforo debe estar entre 1 y 2,20 con porcentajes del 9 % al 10 % para el calcio y 4 % a 4,5 % para el fósforo (National Renderers Association, Inc., 2006). El porcentaje de fósforo es el criterio para distinguir entre harina de carne y hueso y harina de carne, si el nivel de fósforo es 4 % o mayor, entonces el producto se llama harina de carne y hueso. Mientras que si el nivel de fósforo es menor al 4 % entonces el producto es considerado harina de carne (Cromwell, 2006). El contenido de humedad en la harina tiene un rango aceptable entre el 4 % y 6 % con un máximo del 10 %, mientras que la grasa debe mantenerse en niveles entre el 8 % y 11 % (National Renderers Association Inc., 2006; Parsons *et al.*, 1997).

## 1.9 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Los subproductos cárnicos antes de ingresar al tratamiento calórico tienen un alto contenido de microorganismos patógenos (Hamilton *et al.*, 2006). Troutt *et al.*, 2001 examinaron muestras de subproductos cárnicos frescos en 17 plantas procesadoras de harinas, se encontraron *Clostridium perfringens*, *Listeria* y *Salmonella* en el 70 % de las muestras tomadas antes del proceso, estos y otros microorganismos se enlistan en la tabla 1.6.



Todas las muestras que se recolectaron en las fábricas después del proceso térmico resultaron negativas para los patógenos de la tabla 1.6. Los resultados sugieren que las temperaturas y tiempos que se utilizan para procesar subproductos cárnicos y transformarlos en harinas aseguran un control adecuado de organismos patógenos.

**Tabla 1.6.** Eficacia del tratamiento térmico para la transformación de subproductos cárnicos en harina

Patógeno	Muestra fresca <sup>a</sup>	Muestra después del proceso térmico <sup>a</sup>
<i>Clostridium Perfringens</i>	71,40 %	0 %
<i>Listeria</i>	76,10 %	0 %
<i>L. monocytogenes</i>	8,30 %	0 %
<i>Campylobacter</i>	29,80 %	0 %
<i>C. jejuni</i>	20,00 %	0 %
<i>Salmonella</i>	84,50 %	0 %

(Troutt *et al.*, 2001)

a. Porcentajes que resultaron positivos para los patógenos citados en las muestras tomadas.

La *salmonella*, es el microorganismo al que más atención se presta por su peligrosidad, esta bacteria gram-negativa se destruye con calor al exponerla a 55 °C por una hora o a 60 °C por 15 minutos a 20 minutos. Los tiempos y temperaturas que se emplean en la industria de obtención de harinas de carne y hueso están entre 90 minutos y 120 minutos con una temperatura promedio de 130 °C, de esta manera se superan estos parámetros de destrucción de *salmonella* (Hamilton, 1996).

A pesar de que se obtiene inocuidad después del tratamiento calórico, la contaminación del producto puede presentarse subsiguientemente en los lugares de almacenamiento donde las harinas son acumuladas a granel y sin ninguna protección, esto puede causar la re contaminación del producto final por medio de insectos, roedores, personal, aerosoles entre los factores más comunes (Isequilla *et al.*, 1988).

Como se menciona en el control de calidad de la harina de carne y hueso, su porcentaje de humedad está entre el 4 % y el 6 %, esto hace que la actividad del agua sea baja como para permitir crecimiento microbiano. Para el desarrollo de *salmonella* el contenido de humedad debe ser de alrededor del 40 % (Franco, 2006).

Otro aspecto microbiológico que requiere atención es la Encefalopatía Espongiforme Bovina, no se han reportado casos de esta enfermedad en el país, pero es importante tener conocimiento de sus causas para prevenir un brote de la misma. La única manera en que se presente contaminación es por medio de la importación de carne infectada de países en los cuales la enfermedad es endémica. La Encefalopatía Espongiforme Bovina EEB pertenece a un grupo de mortales enfermedades neurológicas en mamíferos que se conocen como encefalopatías espongiformes transmisibles (EET) en las cuales también se encuentran scrapie en ovejas y Creutzfeldt-Jakob en humanos (Taylor y Woodgate, 2003).

Las EET se ubican en la proteína normal huésped y la modifica, esto forma depósitos patológicos en los tejidos afectados, el más alto nivel de expresión de la proteína está en el sistema nervioso central (Taylor, 2000).

En primera instancia cuando se presentaron los primeros casos de BSE, se sospechó que la infección tenía su origen en la aplicación de las dietas animales. Esta sospecha fue confirmada por estudios epidemiológicos que implicaron la alimentación a lotes de ganado con harinas de carne y hueso para probar su infección. Los estudios confirmaron e indicaron que la epidemia se generó en el Reino Unido por medio de las empresas productoras de harinas de carne y hueso (Taylor y Woodgate, 2003).

Entre 1970 y 1975 se tomaron medidas para contrarrestar la crisis del petróleo que afectó al Reino Unido. Una de estas medidas fue la introducción a gran escala de sistemas continuos de procesamiento de harinas de carne y hueso.

La nueva tecnología funcionaba a bajas temperaturas que ayudan a obtener grasas y sebos de alta calidad pero permitían el paso de priones a la cadena alimentaria a través de los sólidos transformados a harinas de carne y hueso (Taylor y Woodgate, 2003).

Para contrarrestar este problema, la comunidad europea ha dictado leyes que se han aplicado a lo largo de los últimos 18 años y que han sido modificadas a medida que los investigadores han encontrado las causas que pueden conducir a la enfermedad (Organización Mundial de la Salud *et al.*, 2001).

Dentro de las medidas para prevenir el contagio se encuentra la separación de los residuos MER que son órganos capaces de transmitir la EEB, esta acción imposibilita la entrada de priones en la cadena alimentaria (López y Vanaclocha, 2004).

El material de riesgo que mas concierne en cuanto a la fabricación de harinas de hueso es la columna vertebral, en la misma se encuentra la médula espinal que posee una dosis infecciosa de 2000 (DI) 50 con un porcentaje de carga infecciosa en bovinos de 25,60 % (Organización Mundial de la Salud *et al.*, 2001). Para mayor información de otros residuos MER el lector puede revisar la Decisión de las Comunidades europeas 2000/418/CE.

Otro punto importante dentro de las regulaciones es que las harinas de carne y hueso derivadas de rumiantes no deben ser utilizadas para alimentar rumiantes, inclusive los locales y las instalaciones para fabricación de harinas deben estar separados en el proceso de rumiantes y no rumiantes. De esta manera se pueden preparar harinas de carne provenientes de bovinos para alimentar otros animales siempre y cuando estos animales no sean rumiantes y se excluyan los residuos MER (Organización Mundial de la Salud *et al.*, 2001).

Los países en los que no se han presentado casos de EEB pueden correr el riesgo de contaminación ya que el comercio de bovinos, productos y subproductos de los mismos está diseminado en todo el mundo. El largo período de incubación y la ausencia de especificidad de los síntomas clínicos iniciales son razones para el retraso en la detección de los primeros casos de enfermedad y el encubrimiento de la gravedad del problema. Cada país debe seleccionar estrategias de gestión del riesgo y su posible aplicación para la protección de la salud (Organización Mundial de la Salud *et al.*, 2001).

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS HUESOS DE RES PROVENIENTES DE LA FÁBRICA DE EMBUTIDOS FEDERER**

Para registrar la masa del material óseo fresco se empleó una báscula Toledo Scale modelo 2120, capacidad 200 kg y se almacenó la materia prima a -18 °C para su empleo en las futuras operaciones. Durante la investigación se utilizaron recipientes de acero inoxidable en la mayoría de las etapas de obtención de la harina.

Se decidió utilizar un solo lote de material óseo para todas las etapas de la presente investigación con esto se evitó tener variabilidad en los resultados del proceso y de los análisis físicos y químicos.

Se escogieron los siguientes tipos de hueso tibia, peroné, fémur, ilion o huesos de la cadera, radio, cubito, húmero, escápula, esternón y costillas. No se emplearon las vértebras porque se consideran residuos MER, es decir capaces de transmitir la Encefalopatía Espongiforme Bovina de acuerdo con López y Vanaclocha, 2004. Asimismo no se utilizaron los huesos del cráneo porque no son parte de la canal y además son también residuos MER.

Se recolectaron los huesos en la sala de despiece durante una jornada de 480 minutos de trabajo para obtener suficiente material y conservar su frescura, este último parámetro se controló también debido a que la temperatura de la habitación estuvo entre 12 °C y 13 °C durante la recolección.

Previamente se desecharon los huesos del día anterior para evitar confusiones, mezcla con el material objeto de la investigación y contaminación del mismo. La selección del material óseo se realizó al azar y adicionalmente se procuró a lo

largo de toda la jornada de recolección mantener la misma proporción en cuanto a las cantidades de huesos pertenecientes a las diferentes partes anatómicas del animal pero se excluyeron los materiales que pueden contener carga infecciosa relacionada con la Encefalopatía espongiforme bovina.

Adicionalmente durante la etapa de selección se la realizó minuciosamente para evitar la recolección de vertebras, cartílagos, hilos metales y materiales extraños. Se registró la masa total de los huesos seleccionados y se transportaron en fundas de basura introducidas en sacos al congelador a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un lapso de tiempo menor a 30 minutos.

Para proceder a la reducción de tamaño de los huesos para su empleo en las etapas de determinación de densidad, análisis proximal y la operación propia de obtención de harina, se empleó una sierra de banda marca Clinston con una potencia de 350 W y velocidad de la banda de 11 m/s.

Para la efectuar la etapa de determinación de densidad del material fresco que se redujo de tamaño previamente en pedazos con longitudes entre 2 cm y 10 cm, se midieron inicialmente  $8\ 000\ \text{cm}^3$  de agua en un recipiente y posteriormente se separaron  $4\ 000\ \text{cm}^3$  de esta agua para sumergir 1 kg de huesos que se cortaron previamente. Con los  $4\ 000\ \text{cm}^3$  que se separaron se aforó el balde hasta la marca inicial de  $8\ 000\ \text{cm}^3$ .

Finalmente se cuantificó la cantidad de agua que no se utilizó para el aforo, la misma que resultó ser el volumen que ocupa la cantidad de 1 kg de huesos. Se realizaron en total cinco repeticiones, de esta manera con los datos que se obtuvieron de masa y volumen se procedió a realizar los cálculos de la densidad de la materia prima fresca mediante la fórmula 2.1.

$$d = \frac{m}{v} \quad [2.1]$$

Donde:

- d*: densidad del material  
*m*: masa de la muestra de huesos en g.  
*v*: volumen ocupado por la muestra en cm<sup>3</sup>.

Con respecto a la caracterización química, se homogenizó el material para obtener una muestra representativa, de esta manera se cortó una mezcla de 1 kg de huesos frescos en pedazos de dimensiones entre 2 cm y 10 cm y se redujeron de tamaño en el molino de martillos.

Posteriormente se efectuó un cuarteo y se obtuvieron 400 g de esta muestra para el análisis proximal de los nutrientes que se detallan en la tabla 2.1. según los métodos AOAC correspondientes a carne y productos cárnicos.

**Tabla 2.1.** Métodos utilizados para el análisis proximal de la mezcla de huesos de res

Nutriente	Método
Humedad	950.46 (39.1.02) AOAC 2000 (1)
Proteína	981.10 (39.1.19) AOAC 2000 (4)
Extracto etéreo	960.39 (39.1.05); 920.39C (4.5.01) AOAC 2000 (3)
Cenizas	920.153 (39.1.09); 920.03 (32.1.05) AOAC 2000 (2)
Fósforo	940.26 (37.1.18); 948.09 (32.1.11); 986.11 (32.5.18) AOAC 2000 (5)
Calcio	Espectrofotometría de absorción atómica previa digestión por microondas.

## 2.2 DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE HUESOS DISPUESTOS PARA SU CONVERSIÓN EN HARINA

Para determinar el volumen aproximado de desecho de los huesos en la fábrica, se analizaron los reportes diarios que el personal de la sala de despiece genera en cuanto a la masa de materia prima desechada. Se tomaron en cuenta los archivos desde el mes de Marzo hasta Octubre del año 2008 para asegurar los períodos de alta y baja producción como épocas de clases y vacaciones respectivamente.

Se realizó una sumatoria de las masas de desecho diarias para obtener el total mensual para los seis meses citados. Con los datos anteriores se calcularon la media aritmética y desviación estándar para las 6 muestras.

### **2.3 OPERACIONES DE PROCESAMIENTO Y DE CONTROL EN LA ELABORACIÓN DE HARINA DE HUESO**

Durante la conversión del material a harina se utilizó una balanza Toledo Scale modelo 3180 capacidad 20 kg. Se empleó un yunque de masa 20 kg con un diámetro de 15 cm para provocar la ruptura de las células del hueso fresco después de la reducción de tamaño. La superficie de impacto fue una lámina de acero inoxidable en la cual se dispusieron los pedazos de hueso objeto de la colisión.

En el tratamiento térmico se empleó una olla Hamilton Kettles de  $136 \times 10^3 \text{ cm}^3$  de capacidad con camisa de calentamiento. Durante cada cocción se agitaron las muestras con una cuchara de palo. Se generó vapor desde un calderín eléctrico para calentar la chaqueta de la olla de presión.

Se emplearon dos manómetros calibrados, uno a la salida del calderín y otro a la entrada de la olla de presión con el objeto de controlar el paso de vapor que se requería en cada repetición. Se controló el comportamiento de la temperatura al interior del material con el empleo de un registrador de temperatura con una termocupla de aguja que se insertó hasta la mitad del hueso.

En el prensado se empleó una prensa Tinius Olsen con capacidad de compresión de  $59 \times 10^3 \text{ Pa}$ . La fuerza ejercida en el material tuvo efecto sobre una bandeja de acero inoxidable con agujeros de 0,5 mm de diámetro en las esquinas para verter la grasa líquida que se extrajo una vez finalizada la etapa de cocción.



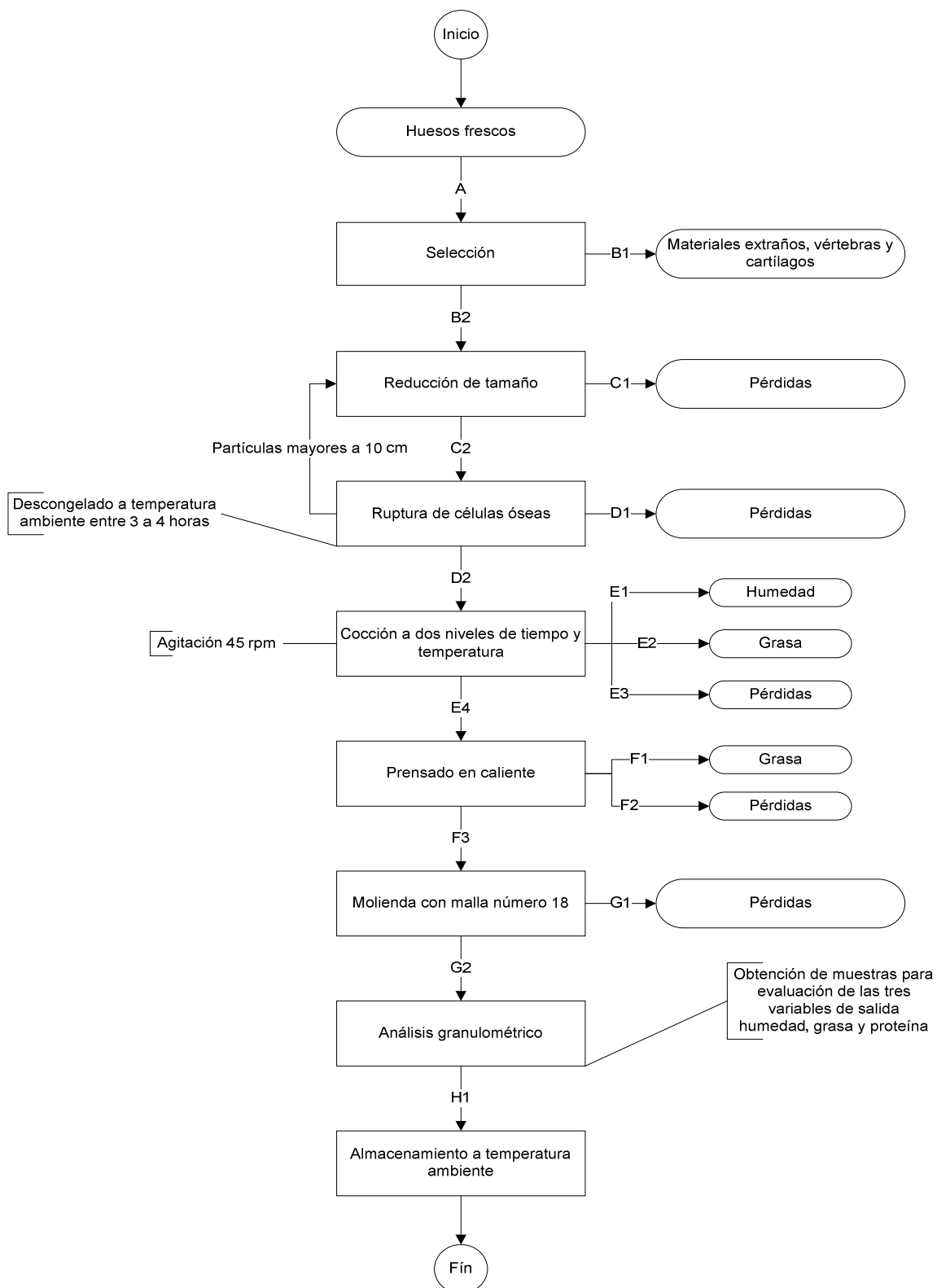
La molienda del material que se obtuvo de la prensa para convertirlo en harina se realizó en un molino de martillos Condux con una malla No 18 que corresponde a un diámetro de 1 mm (AOAC 2000). Los análisis granulométricos del afrechillo y harina se realizaron por medio del uso de tamices marca Astme. La numeración de los mismos se presenta en la tabla 2.2 con sus diámetros equivalentes, la operación se realizó en un tamiz portable modelo RX.

**Tabla 2.2.** Tamices empleados para los análisis granulométricos del afrechillo y harina obtenida

Número de tamiz <sup>a</sup>	Diámetro mm <sup>b</sup>
20	0,85
40	0,43
50	0,30
80	0,18
100	0,15

- a. Numeración internacional estándar de tamices.
- b. Diámetro estándar internacional del tamiz de acuerdo con las normas ISO.

En la figura 2.1 se presenta un diagrama de las actividades realizadas para obtener harina a partir de los huesos frescos y a continuación se detalla el procedimiento que se efectuó en cada etapa del proceso.



**Figura 2.1** Esquema de la obtención de harina de huesos a nivel de planta piloto

Durante la etapa de reducción de tamaño, se utilizaron 30 kg de huesos para tener suficiente cantidad de material cortado durante las etapas posteriores de

procesamiento. Para evitar la degradación del material, se dividieron los 30 kg en seis grupos de 5 kg. De esta manera se procedió a cortar cada grupo en la sierra de banda en poco tiempo y se lo regresó al congelador para proseguir con el siguiente grupo almacenado en el congelador.

Con respecto al control del tamaño de partícula se midió desde el eje central de la sierra hacia el lado izquierdo y derecho 10 cm que es la longitud límite para el corte del material óseo de esta investigación, se colocó cinta adhesiva para delimitar el área mencionada. Al final de esta etapa, se mezcló el material cortado y se escogieron 50 muestras al azar para analizar la distribución de frecuencias con respecto a la longitud de corte de los pedazos de hueso.

Para la ruptura de las células óseas, de manera análoga al corte se dividió el material procedente de la sierra en cinco grupos para romper las células de determinado grupo mientras el resto de material a procesar permanecía almacenado en refrigeración a temperaturas entre 4 °C y 6 °C. Se dispusieron los pedazos de hueso sobre una superficie de madera y desde una altura aproximada de 40 cm se dejó caer el yunque sobre los huesos.

Antes de realizar esta operación se descongeló el material a temperatura ambiente, de esta manera se evitó que los pedazos de hueso se deslicen y disparen como proyectiles al momento del impacto debido a la superficie lisa que presentan los tendones. Sin embargo durante la fractura del material óseo, la médula se mantenía congelada porque se encontraba insertada en la cavidad medular de los huesos largos y no se descongeló por el lapso de tiempo que se mantuvo al material cortado a temperatura ambiente. Estas condiciones con respecto a la médula, resultaron beneficiosas para conservar la grasa del material y cuantificarla al momento de su extracción durante la cocción ya que al momento del impacto los pedazos de médula expuestos continuaban congelados. Antes de cada cocción se midieron las longitudes de 20 pedazos de hueso de cada muestra para determinar la variación en longitud del material comprimido con respecto a los pedazos de hueso antes de su compresión.

Durante el proceso térmico, se emplearon las temperaturas y tiempos que se encuentran en los límites inferior y superior recomendados por Anderson, 2006. Se recurrió al uso de tablas de presión de vapor para hallar la temperatura del vapor generado por el calderín y que ingreso en la camisa de calentamiento.

En la tabla 2.3 se observan las temperaturas, presión de vapor correspondiente y tiempo de duración de cada tratamiento. Se controlaron dos niveles de tiempo y temperatura durante la cocción para evaluar su efecto en tres variables de salida en la harina obtenida grasa, proteína y humedad.

**Tabla 2.3.** Variables de control durante el tratamiento térmico

Temperatura (°C)	Presión de vapor (Pa)	Tiempo (min)
116	$172 \times 10^3$	80
116	$172 \times 10^3$	120
148	$460 \times 10^3$	80
148	$460 \times 10^3$	120

Cada uno de los tratamientos se realizó por triplicado, para todas las repeticiones se emplearon 2 kg de material y se evaluó a intervalos de 20 minutos la pérdida de humedad en la muestra, la penetración de calor hacia el centro del hueso y la cantidad de grasa que se extrajo.

En cada repetición se precalentó la olla de presión hasta alcanzar la temperatura deseada en cada tratamiento, la tapa se mantuvo abierta a un 50 % para conservar el calor y al mismo tiempo permitir la salida del vapor generado por los huesos. Al comprobar la lectura requerida en el manómetro, se introdujo el material y se procedió a agitar con una frecuencia de 45 revoluciones por minuto, durante el tiempo establecido en cada prueba.

Para determinar la pérdida de humedad, a intervalos de 20 minutos se registró la masa de cada muestra y se la regresó a la olla inmediatamente. De manera análoga se midió la extracción de grasa y simultáneamente se controló la penetración de calor en un hueso perforado.

Las variables de salida humedad, proteína y grasa se evaluaron una vez que se obtuvo la harina y después de realizar el análisis granulométrico. Al final de cada tratamiento térmico se llevó el material caliente procedente de la cocción hacia la prensa para extraer aún mayor contenido de grasa presente en los sólidos resultantes hasta porcentajes cercanos al rango de 10 al 12 %.

En la prensa, la fuerza de compresión aplicada en cada muestra fluctuó entre 3400 Pa y 4900 Pa, no se determinó la presión que se ejerció sobre el material ya que cada pedazo de hueso cocido presentó un área diferente debida al corte, adicionalmente la heterogeneidad se incrementó aún más a causa de que se prensaron los huesos en conjunto. Al final de la operación, los sólidos se almacenaron a temperatura ambiente en recipientes de acero inoxidable y con tapa para posteriormente llevarlos al molino.

Por otro lado, la bandeja sobre la que se efectuó la compresión contenía pasta grasosa solidificada y residuos de huesos suspendidos en la misma. Se calentó esta mezcla a 60 °C en la olla de presión con la tapa abierta para transformar en líquido la pasta y se registraron las masas del líquido y de las partículas sólidas por separado para determinar las pérdidas de material en esta fase.

El material sólido que se obtuvo al final del prensado se cargó en un molino de martillos, la harina resultante se empacó en fundas de polietileno para almacenarlas a temperatura ambiente.

Para determinar el tamaño de partícula y consecuentemente el número de malla a emplearse en la molienda del material prensado se procedió a utilizar como

referencia un afrechillo comercial el que fue sometido a un análisis granulométrico. Se registraron aproximadamente 100 g de afrechillo, las masas de los tamices y el fondo recolector. La muestra se introdujo sobre el primer tamiz No. 20 y se agitó por 15 minutos. Al final de la operación, se midió la masa de cada tamiz para calcular el porcentaje de retención de afrechillo.

Cuando se determinó la fracción de afrechillo que no atravesó los orificios de cada tamiz, se decidió el diámetro de malla a utilizarse para moler el material óseo y de esta manera obtener tamaños de partícula similares a los del afrechillo de referencia. Después de la molienda del material prensado, se procedió a tamizar la harina de manera análoga al procedimiento para el afrechillo con el mismo número de tamices y tiempo de agitación. Este análisis granulométrico se aplicó a muestras de harina proveniente de los tres primeros tratamientos térmicos que se detallaron en la tabla 2.3, se realizaron tres repeticiones por muestra.

Al final del análisis granulométrico, se procedió a separar 30 g de cada muestra para de esta manera cuantificar las tres variables de salida humedad, grasa y proteína mediante los métodos AOAC. Finalmente para cada una de las variables de salida se empleó un análisis de varianza que sirvió para la evaluación de dos parámetros importantes con respecto a las medias de las muestras de harina.

En primer lugar se analizó la existencia o la no existencia de una diferencia significativa entre cada una de las variables con respecto al tipo de tratamiento térmico que se empleó y en segundo lugar, mediante el empleo del método Scheffé se comparó cual de las medias de las muestras que se utilizaron representa la más oportuna para decidir el mejor tratamiento térmico que se empleará en la fábrica para la elaboración de harina de hueso.

## **2.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE FUENTES DE PROTEÍNA Y MINERALES EMPLEADOS POR LOS FABRICANTES DE BALANCEADOS**

De acuerdo con los resultados y rendimientos que se obtuvieron en la determinación del volumen de desecho de hueso en la fábrica, los análisis físicos y químicos de la muestra fresca y el contenido nutricional final de la harina se determinó el tipo de mercado al que se enfocarán los esfuerzos para comercializar la harina que se produzca en la fábrica.

Los aspectos relacionados con la demanda se analizaron en primera instancia con respecto al incremento en las necesidades de alimento en la población en los últimos seis años, de esta manera se identificaron y cuantificaron las necesidades de fuentes alimenticias para la industria de balanceados en cuanto a la nutrición de las especies en explotación.

Con respecto a los aspectos que tienen relación con la oferta del producto en el mercado, se revisaron las cantidades de fosfatos de calcio que se importaron al país en los últimos doce meses para de esta manera aproximar la existente demanda insatisfecha de los nutrientes minerales dentro de la industria de alimentos balanceados con respecto a la provincia de Pichincha. Del anterior análisis se determinó el mercado meta y los posibles consumidores de la harina a procesarse en la futura planta.

## **2.5 DIMENSIONAMIENTO, CAPACIDADES DE EQUIPOS Y DISEÑO DE PLANTA PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE HUESO**

De los resultados que se obtuvieron para el volumen de desecho de huesos frescos se determinó la capacidad de producción de la planta. Una vez definida la maquinaria a implementarse se elaboró un programa de trabajo que contempló aspectos ergonómicos, eficiencia en los tiempos de elaboración del producto y

secuencia de las operaciones para reducir contaminaciones por medio de agentes extraños o contaminaciones cruzadas.

En el diseño de la planta se ignoró la implementación de vestidores y baños debido a que la fábrica cuenta con dichas instalaciones. Por otro lado la planificación de la distribución de áreas tomó en cuenta una posible expansión de la futura planta en el posible caso de que el volumen de desecho de huesos frescos se incremente.

## **2.6 ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE COSTO**

Se basó el análisis en la determinación del precio de la materia prima de acuerdo con los gastos en los que incurre la empresa para su adquisición. Por otro lado se determinó el precio de introducción del producto final al considerar los gastos y costos de producción además del precio en el mercado de productos sustitutos a la harina a obtenerse.

Los factores de costo se analizaron también al considerar elementos fundamentales tales como los resultados de rendimientos de materia prima, diseño de planta, requerimientos de personal, imprevistos, capital propio, inversiones y financiamiento.



### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 VOLUMEN DE HUESOS QUE SE DESECHAN EN LA FÁBRICA FEDERER Y SU GESTIÓN**

En la tabla 3.1 se presentan las masas de material óseo que se desecharon en un período de seis meses. La media mensual fue de 6964 kg  $\pm$  111,21 kg (n=6) ó análogamente 348 kg  $\pm$  5,56 kg (n=6) al día.

Por otro lado en el Distrito Metropolitano de Quito se generan  $15 \times 10^5$  kg diarios de desechos sólidos y se proyecta que para el 2010 la cifra llegará a  $18 \times 10^5$  kg (Dirección metropolitana de medio ambiente, 2005). La Empresa Metropolitana de Aseo tiene una cobertura del 86 % en la zona urbana y el 76% en las áreas suburbanas, es decir que la empresa gestiona un total de  $13 \times 10^5$  kg al día. De esta manera, la cantidad de huesos que se descartan en la fábrica Federer representa el 0,03 % del total de desechos sólidos que se gestionan en la ciudad. Esta cifra puede parecer insignificante con respecto al total pero posee un valor económico considerable que se analiza más adelante en el estudio económico.

En la sección 1.1 del capítulo 1 se detallaron los peligros biológicos y químicos que se generan al acumular los desechos de la industria cárnica inclusive en botaderos de basura calificados.

La transformación de los huesos en harina no solamente reduce los impactos ambientales y riesgos para la salud sino que también genera una fuente de materia prima para la industria de balanceados y reduce la dependencia de importaciones de suplementos minerales y proteínicos. Adicionalmente esta alternativa aplicable a otras empresas de embutidos contribuye enormemente a la reducción de residuos en la ciudad que debido al crecimiento de la población y producción en las industrias han complicado enormemente la gestión de los volúmenes de desechos sólidos en la ciudad (DMMA, 2005).

**Tabla 3.1.** Cantidades de tejido óseo desechadas por la fábrica Federer para el período marzo -octubre del año 2008

Mes	Desecho mensual(kg) <sup>a</sup>	Desecho diario (kg) <sup>b</sup>
Marzo	7 050	352,50
Abril	7 005	350,20
Mayo	6 980	349,00
Junio	6 760	338,00
Julio	6 820	341,00
Agosto	7 030	351,50
Septiembre	7 050	352,50
Octubre	7 020	351,00

a.  $\bar{X}$  mensual 6 964 kg  $\pm$  111 kg (n=6)

b.  $\bar{X}$  diaria 348 kg  $\pm$  5,50 kg (n=6)

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

### 3.2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

La fábrica de embutidos Federer que se ubica en la ciudad de Quito, Guápulo E18-B La Tolita N 26-478 recibe reses adultas de entre 2 y 3 años de edad que se faenan en Quito, Santo Domingo y Lago Agrio. Ya que las reses no proceden de un solo distribuidor, sus características varían con respecto a edad, raza, madurez y estado nutricional. Como se mencionó en la sección 2.2.2 y previa planificación se decidió trabajar con un solo lote de huesos el mismo que representó una muestra representativa y permitió obtener datos consistentes a lo largo de la presente investigación.

Todo el material presentó tejido muscular adherido en muy poca cantidad resultado de su previa extracción. Se observó variabilidad en los tamaños de huesos pertenecientes a una misma parte anatómica, este particular evidenció por un lado que las canales tenían estados de madurez distintos y que provenían de diferentes áreas geográficas.

Se comprobó la presencia de médula amarilla en la cavidad medular de los huesos largos tibia, peroné, fémur, radio, cubito y húmero de esta manera se confirmó que las reses faenadas que llegan a la fábrica están en un estado de madurez de entre 2 y 3 años de edad de acuerdo con Sisson y Grossman, 1999.

En tanto que los huesos del esternón, costillas y escápula presentaron médula roja la misma que se encuentra presente a lo largo de la vida del animal de acuerdo con Sisson y Grossman, 1999 y que evidentemente tienen un contenido reducido de grasa.

Con respecto al cálculo de la densidad del material fresco, en la tabla 3.2 se presentan las masas y volúmenes registrados en las cinco repeticiones que sirvieron para el cálculo de la densidad mediante la fórmula 2.1. La masa de material óseo que se registró al inicio de cada repetición fue de 1000 g, mientras que los volúmenes ocupados por dicha cantidad variaron debido a la heterogeneidad de los huesos que se cortaron previamente.

**Tabla 3.2.** Masas y volúmenes de una mezcla de huesos con longitudes entre 2 cm y 10 cm para la estimación de la densidad del material

Masa (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
1 000	695	1,43
1 000	710	1,40
1 000	705	1,42
1 000	703	1,42
1 000	701	1,42

a.  $\bar{X}$  densidad  $1,42 \text{ g/cm}^3 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$  (n=5)

La media de la densidad fue de  $1,42 \text{ g/cm}^3 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$  (n=5). Se persiguió calcular la densidad de una mezcla de huesos con tamaños entre 2 cm y 10 cm para posteriormente calcular las dimensiones de los equipos. El rango de longitudes que se mencionó es el que se obtuvo al reducir de tamaño los huesos en la etapa inicial de corte y que se mantuvo durante la investigación.

Sisson y Grossman, 1999 indican un valor para la densidad de huesos de 1,9 g/cm<sup>3</sup> ya que los mencionados autores toman en cuenta a la mezcla de huesos enteros los mismos que ocupan mayor volumen y por tanto reducen la fracción peso/volumen que en consecuencia aumenta el valor de la densidad. De todas maneras la cifra proveniente de esta fuente se consideró para determinar el volumen de los carros de acero inoxidable que servirán para transportar los huesos frescos al inicio del proceso que evidentemente tendrán mayor capacidad que los carros que almacenaran el material después de la operación de reducción de tamaño.

### 3.2.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En la tabla 3.3 se presenta la cuantificación de los nutrientes en la muestra fresca que se consideraron trascendentales para el presente estudio. Los valores corresponden a una mezcla de los siguientes tipos de hueso tibia, fémur, ilion, radio, cubito, húmero, escápula, esternón y costillas.

Un resultado interesante corresponde al porcentaje de grasa 21,57 %, para interpretar esta cantidad se mencionan algunos argumentos a continuación. Fourman, *et al*/encontraron valores de este nutriente para tres tipos de hueso cráneo, costillas y caderas, estos valores se aprecian en la tabla 3.4, los datos muestran que la variabilidad en la cantidad de grasa depende del tipo de hueso y que en general los valores de este nutriente pueden llegar hasta un 21 %.

Durante el presente estudio se comprobó que los huesos planos costillas, escápula y esternón no presentaron acumulación de médula amarilla visible, por otro lado los huesos largos como fémur, tibia, húmero, radio y cubito presentaron gran cantidad de médula amarilla en la cavidad medular. Con base en los argumentos anteriores se puede afirmar que los huesos que poseen cavidad medular son los responsables en su mayoría del 21,57 % de grasa que se reportó en el análisis proximal.

**Tabla 3.3.** Análisis proximal de una mezcla representativa de huesos frescos de res que se desechan en la fábrica Federer

Nutriente	Resultados <sup>a</sup>	Método
Humedad	21,06 ± 0,42	950.46(39.1.02) AOAC 2000(1)
Cenizas	35,36 ± 1,06	920.153(39.1.09); 920.03(32.1.05) AOAC 2000(2)
Grasa (cruda)	21,57 ± 0,65	960.39(39.1.05); 920.39C(4.5.01) AOAC 2000(3)
Proteína (N*6.25)	19,33 ± 0,39	981.10(39.1.19) AOAC 2000(4)
Fosforo	4,60 ± 0,29	940.26(37.1.18); 948.09(32.1.11); 986.11(32.5.18) AOAC 2000 (5).
Calcio	9,12 ± 0,07	Espectrofotometría de absorción atómica

a. Cantidad en gramos del nutriente presentes en 100 g de muestra

**Tabla 3.4.** Variabilidad de los porcentajes de tejido adiposo y humedad de acuerdo con el tipo de hueso en reses

Tipo de hueso	Grasa %	Humedad %
Cráneo	4,6 ± 2,9	17,6 ± 3,7
Costillas	6,4 ± 5,3	21,6 ± 6,4
Caderas	14,1 ± 7,3	25,8 ± 4,0

(Fourman, *et al.*, 1968)

Con respecto a la humedad del material óseo, en la tabla 3.4 se observa también que existe variación con respecto a la cantidad de agua presente en cada tipo de hueso. Sin embargo el valor de 21,06 % que se encontró para la muestra fresca de la presente investigación se encuentra dentro de estos rangos. Dukes y Swenson, encontraron que en promedio el hueso de un animal adulto contiene alrededor del 25 % de humedad, este valor concuerda con el de Fourman *et al.*, en la tabla 3.4 y también con el porcentaje que se encontró para la muestra fresca en esta investigación.

En cuanto al contenido de proteína 19,33 %, este se ajusta a los valores que exponen Dukes y Swenson, los que se aprecian en la figura 1.5. El colágeno forma el 95 % de la parte orgánica en el hueso y el 5 % restante son proteínas no estructurales compuestas por sulfato de condroitina. En términos de nutrición animal, el colágeno posee casi todos los aminoácidos esenciales a excepción de triptófano y lisina, esta característica hace que disminuya el valor biológico de la mencionada proteína (Carballo *et al.*, 2001).

Esta ausencia de los dos aminoácidos esenciales no limita la alimentación de aves o cerdos por medio de la harina de hueso ya que se la puede suplir con otros tipos de fuentes en la preparación de balanceados.

Para el contenido de cenizas, Shimada, 2003 exhibe un valor del 25 % para un hueso fresco, mientras que Dukes y Swenson, 1982 exponen un valor del 45 % de este contenido mineral el calcio comprende el 37 % y el fósforo un 18,5 % con una relación Ca/P de 2:1.

El contenido de minerales para la harina de esta investigación fue del 35,36 %, mientras que la cantidad de Calcio fue del 26 % del total de cenizas y el fósforo represento un 13 %, esto resulta en una relación Ca/P de 1,9:1. El contenido total de cenizas no concuerda con los expuestos por Shimada, 2003 ni Dukes y Swenson, 1981. Sin embargo, la relación de calcio y fosforo 1,9:1, se ajusta al valor de 2:1 que reportan Dukes y Swenson, 1982. Esto sugiere que el contenido total de cenizas es independiente a la relación Ca/P.

Al inicio de esta investigación, se realizó un análisis bromatológico a huesos de cerdo cuyos resultados se encuentran en el Anexo IX. El contenido total de cenizas para esta muestra fresca fue del 23 %, porcentaje que está cercano al que presenta Shimada, 2003. La relación Ca/P para la muestra de huesos de cerdo está una vez más dentro del rango esperado con un resultado de 1,9:1.

La discusión previa sugiere que la variabilidad en los contenidos de los nutrientes en el hueso depende del lote que se selecciona para el análisis, el procedimiento para la obtención de resultados, el estado de madurez del animal y su raza.

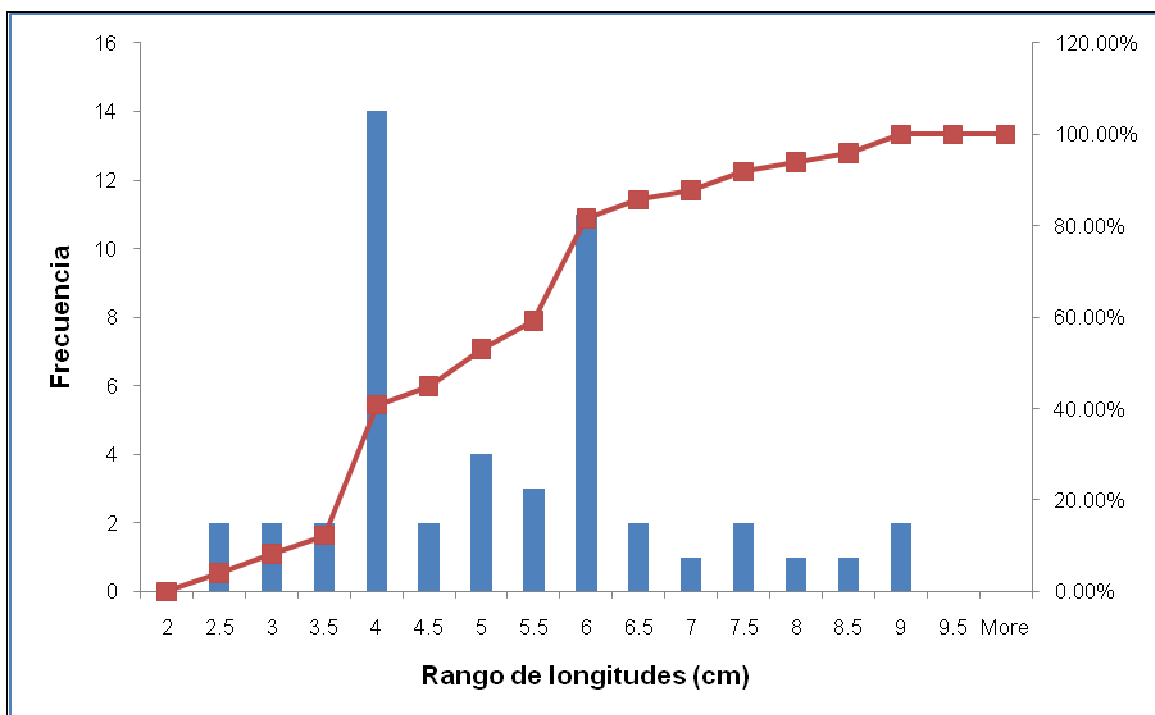
### **3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE HUESO**

#### **3.3.1 REDUCCIÓN DE TAMAÑO Y RUPTURA DE CÉLULAS ÓSEAS**

De las 50 muestras que se tomaron al final del corte en los diferentes tipos de hueso, se comprobó que la longitud máxima y mínima de los pedazos estuvo entre 2,50 cm y 9,50 cm. Se separó una única muestra de longitud 12 cm que represento un dato aleatorio.

La media de los pedazos fue de 5,20 cm  $\pm$  1,60 cm (n=49), en la figura 3.1 y en la tabla 1 del Anexo X se observa el rango de longitudes del material que se redujo de tamaño en términos de frecuencia acumulada. La sierra de banda que se empleó permitió obtener un 85% de pedazos de hueso con longitudes entre 2 cm y 6 cm.

El 15 % restante se ubicó entre 6 cm y 9,50 cm, este último porcentaje representa las partes de huesos que presentaron tendones y que proporcionaron superficies lisas. Las mencionadas superficies demandaron destreza y habilidad al momento del corte para evitar riesgos de accidente debido a la fuerza centrípeta que la banda ejerció durante el paso del material óseo.

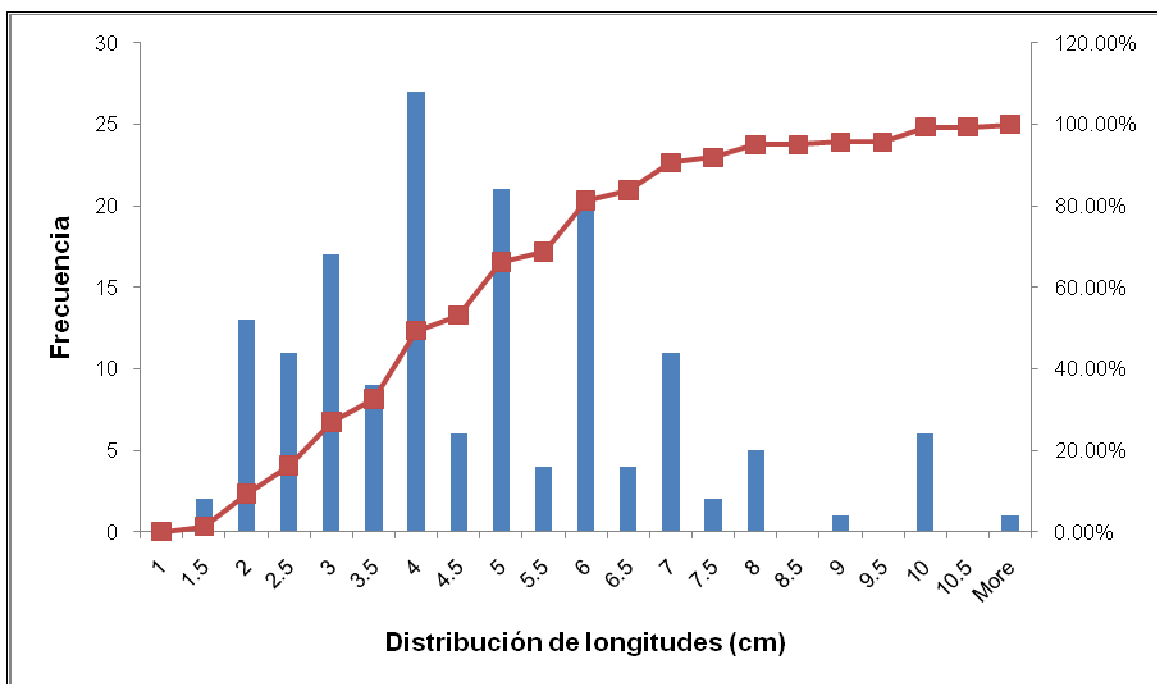


El 85 % de los pedazos de hueso cortados en la sierra de banda presentaron longitudes entre 2,50 cm a 6 cm, el 15 % restante se ubicó entre 6 cm y 9,50 cm, la línea en color vino muestra la frecuencia acumulada para cada longitud.

**Figura 3.1.** Distribución de frecuencias para los pedazos de hueso de res después de su reducción de tamaño

Con respecto a la ruptura de las células óseas, en la figura 3.2 y en la tabla 2 del Anexo X se presenta el efecto del impacto por golpe sobre los pedazos de hueso, el mismo que amplió el rango de longitud para el tamaño de partícula de 1,5 cm a 10 cm. La media de la muestra fue de 4,76 cm  $\pm$  2,07 cm (n=160). En este caso, el 84 % de la muestra desplegó longitudes entre 1,50 cm y 6,50 cm se destaca que dentro de la muestra existían pedazos de grasa en estado sólido debido a que estos aún se encontraban congelados.





El rango de longitudes se amplió en la ruptura de células con respecto al corte, el 84 % de los pedazos presentó longitudes de 1,50 cm a 6,50 cm y el 16 % restante entre 6,50 cm y 10,50 cm, la línea en color vino muestra la frecuencia acumulada para cada longitud.

**Figura 3.2** Variación de la longitud para los pedazos de hueso de res después de la ruptura de las células óseas

Las figuras 3.1 y 3.2 no poseen curvas de distribución normal, estas puramente muestran la heterogeneidad de los pedazos de material que no solo fueron huesos sino también grasa en estado sólido. Sin embargo en las dos figuras se observa sin ninguna duda que la mayoría de material no sobrepasa los 6,50 cm de longitud en todas sus dimensiones.

Por otro lado es importante tener en cuenta que las industrias de elaboración de harina de carne y hueso emplean solamente el 30 % de tejido óseo y el 70 % restante lo comprenden contenidos estomacales y tejido muscular para incrementar el contenido proteínico de la harina obtenida. El tener una alta proporción de órganos y tejido muscular, hace que eventualmente se incremente el contenido de humedad de la mezcla que ingresa a la cocción. Anderson, 2006 recomienda tamaños de partícula entre 2 cm y 6 cm para la elaboración de harinas de carne y hueso. Sin embargo en esta investigación se emplearon

solamente huesos con el objetivo principal de obtener un alimento rico en fosfatos de calcio que adicionalmente proporcionen una fuente de proteína.

De acuerdo con la tabla 3.3 el porcentaje de humedad del material óseo fresco en esta investigación fue del 21 % comparado a los valores de Anderson, 2006 que corresponden a contenidos de humedad entre el 60 % y 65 % en los materiales para procesar harina de carne y hueso. Más adelante en la sección 3.5.3 se evidencia que el rango de longitudes de 1,5 cm a 10 cm que se obtuvo resultó ser eficiente durante el tratamiento térmico para extraer la cantidad de humedad requerida en la harina debido a que solamente se trabajó con material óseo.

Adicionalmente para el diseño de la planta en la Fábrica Federer se decidió eliminar la etapa de ruptura de células óseas por dos razones. La primera y mencionada anteriormente fue el relativamente bajo contenido de humedad de la muestra fresca discutido anteriormente. El segundo factor fue que inicialmente se decidió romper las células para liberar el contenido graso de los tejidos, sin embargo como se discutió en la sección 3.4 los huesos que poseen gran cantidad de grasa son los que tienen cavidad medular mientras que los huesos sin cavidad no presentan médula visible.

De esta manera al momento de cortar el material óseo en la sierra de banda se evidenció que los huesos con cavidad medular expusieron la mayoría de médula presente en los mismos. Mientras que por otro lado los huesos sin cavidad no expusieron médula. Este hecho permitió decidir eliminar la etapa de ruptura de células en las operaciones de la fábrica porque la mayoría de la médula se expone al simplemente cortar los huesos en la sierra. Para la investigación la etapa de ruptura de células resulto trascendental en cuanto a la cuantificación de tejido adiposo en la materia prima. Durante la mencionada etapa se emplearon huesos congelados y no con huesos a temperatura ambiente para que al momento de la ruptura del hueso la médula no se pierda por formarse una pasta o estar en estado líquido.

Para comprobar que la operación de ruptura de células no era necesaria, se tomó una muestra con huesos que solamente fueron cortados en la sierra de banda y se observó una extracción de grasa similar a la observada con las muestras provenientes de la etapa de ruptura de células.

### **3.3.2 TRATAMIENTO TÉRMICO**

En la tabla 3.5 se muestran los resultados del análisis proximal para 4 muestras de harina de hueso obtenida en las que se observa el efecto del tiempo y temperatura durante el tratamiento térmico. En la tabla 1.4 se presentó el contenido nutricional de la harina de carne y hueso, al comparar estos valores con los de la tabla 3.3 se observan marcadas diferencias con respecto a los contenidos de proteína y cenizas iniciales en la muestra fresca y finales en la harina obtenida.

Evidentemente los valores son diferentes porque en esta investigación se trabajó solamente con huesos. Como se explicó en la sección 1.6.2 la industria de procesamiento de harina de carne y hueso acopla no solamente huesos sino también tejidos que contienen mayor cantidad de proteína. De esta manera la harina de carne y hueso que se conoce comúnmente representa una fuente de proteína más que de minerales para la industria de balanceados.

En contraste, la harina de hueso que se obtuvo en esta investigación presentó un alto contenido de cenizas y gran parte de esta porción la ocupan los minerales calcio y fósforo. Sin embargo su contenido proteínico puede resultar beneficioso económicamente para el fabricante de alimentos balanceados al obtenerlo de una sola fuente que adicionalmente posee grasa para mejorar la palatabilidad del alimento y su contenido calórico.

Finalmente con respecto al contenido de grasa se observa que las muestras A y B tratadas a 116 °C presentaron valores de 13,40 % y 15,30 % mayores a los

propuestos por Anderson, 2006 que son de entre el 10 % y 12 %. Con respecto a la humedad, la única muestra que puede presentar riesgo de contaminación microbiológica es la que presentó un valor de 9,40 % a 116 °C por 80 minutos. El resto de muestras se encuentran dentro de los niveles propuestos por Parsons, et. al 1997 y National Renderers Association 2006, es decir entre el 4 % y 8,40 %.

**Tabla 3.5.** Efecto del tiempo y temperatura en cuatro muestras de harina de hueso<sup>a</sup>

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Muestras	Humedad	Grasa	Proteína	Cenizas
116	80	A	9,40	13,40	22,80	54,40
116	120	B	7,60	15,30	25,40	51,70
148	80	C	8,00	11,00	24,60	56,40
148	120	D	6,70	12,60	31,30	49,40

- a. Las cantidades en las columnas de humedad, grasa, proteína y cenizas se expresan en gramos de nutriente presentes en 100 g de muestra.

Con respecto al efecto del tiempo y temperatura, en la tabla 3.5 se observa que a determinada temperatura si el tiempo de tratamiento es de 80 minutos, se extrae mayor cantidad de grasa que cuando se cocinaron las muestras por mayor tiempo a 120 minutos. Es decir independientemente de la temperatura, se extrajo mayor cantidad de grasa cuando las muestras se cocinaron a menor tiempo. De esta manera se establece una relación inversa en la que a menor tiempo se extrae menor cantidad de humedad y mayor cantidad de grasa y por el contrario a mayor tiempo se extrae mayor cantidad de humedad y menor cantidad de grasa.

El contenido proteínico y el de cenizas se ven afectados por los factores mencionados en el párrafo anterior. Específicamente con la proteína se observa que si la harina posee mayor cantidad de humedad, el contenido proteínico es menor que cuando la harina posee bajo contenido de humedad. Mientras que para el contenido de cenizas se observa que a mayor presencia de humedad, mayor el contenido de cenizas y ocurre lo contrario con menor cantidad de humedad.

Para seleccionar el mejor tratamiento térmico a emplearse en la futura planta procesadora de harina de hueso en la fábrica Federer, se realizó una comparación de las medias de los triplicados de cada tratamiento térmico. Para el mencionado fin, se aplicó un análisis de varianza en los resultados de los contenidos de humedad y grasa en la harina que se obtuvo. En los Anexos XI y XII, se observan los cálculos relacionados para las mencionadas variables.

Mediante el análisis de varianza se pretendió observar si existió diferencia significativa en los porcentajes de humedad y grasa de la harina obtenida debida al efecto de las 4 temperaturas y tiempos establecidos para esta etapa. De esta manera se plantearon las hipótesis presentadas en las ecuaciones 3.1 y 3.2.

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D \quad [3.1]$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j \quad [3.2]$$

Donde:

$H_0$ : No existe diferencia entre las medias de las variables de salida.

$H_A$ : Al menos un par de medias difieren entre sí.

$A, B, C, D$ : Muestras correspondientes a los tratamientos de la tabla 3.5.

De acuerdo con los Anexos XI y XII el valor de significancia  $F_0$  para la humedad fue de 120 que en las tablas de distribución corresponde a  $F_{0,05, 3,8} = 4,066$ . Se considero un nivel de significancia de  $\alpha = 5\%$  con 3 grados de libertad en cada prueba y 8 grados de libertad en el conjunto de datos. El  $F_0$  para la humedad fue de 120, mayor que el  $F_{\text{crít}} = 4,066$ , este resultado refleja una diferencia significativa entre los métodos de tratamiento térmico con respecto al porcentaje de humedad final en las muestras.

En cuanto a los valores de contenido graso, los Anexos XI y XII muestran un valor de significancia  $F_0 = 166$  que también fue mayor que  $F_{\text{crít}} = 4,066$  consecuentemente existe una diferencia significativa entre los métodos de

tratamiento térmico. De esta manera, se rechazó  $H_0$  y se aceptó que al menos un par de medias es diferente una de la otra.

Para determinar los pares de medias estadísticamente diferentes, se empleó el método LSD (diferencia mínima significativa) que compara la diferencia de medias en valor absoluto con el número LSD. Se declaran significativas aquellas diferencias que son mayores a este número. Para calcular el número LSD se emplea la fórmula 3.3 con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .

$$LSD = t_{\alpha/2, N - k} \sqrt{2MCE/n} \quad [3.3]$$

Donde:

*LSD*: diferencia mínima significativa.

*N*: número total de observaciones.

*K*: número de tratamientos.

*MCE*: media de los cuadrados dentro de los tratamientos.

El número LSD para la humedad fue de 0,36 y para la grasa de 0,46. En la tabla 3.6 se observan las diferencias estadísticamente significativas o no significativas entre las medias de los triplicados de muestras de humedad y grasa en la harina obtenida. Las medias de estos resultados se observan en los Anexos XI y XII para humedad y grasa respectivamente.

**Tabla 3.6.** Diferencias en valor absoluto de las medias de muestras de harina tratadas a 116 °C y 148 °C por 80 y 120 minutos con respecto a las variables humedad y grasa

Diferencias estadísticas en contenido de humedad			Diferencias estadísticas en contenido de grasa		
Diferencia poblacional	Diferencia en valor absoluto	Decisión	Diferencia poblacional	Diferencia en valor absoluto	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	1,83 > 0,36	Significativa	$\mu_A - \mu_B$	2,30 > 0,46	Significativa
$\mu_A - \mu_C$	1,13 > 0,36	Significativa	$\mu_A - \mu_C$	2,10 > 0,46	Significativa
$\mu_A - \mu_D$	2,63 > 0,36	Significativa	$\mu_A - \mu_D$	*0,80 > 0,46	No significativa
$\mu_B - \mu_C$	*0,70 > 0,36	No significativa	$\mu_B - \mu_C$	4,40 > 0,46	Significativa
$\mu_B - \mu_D$	*0,80 > 0,36	No significativa	$\mu_B - \mu_D$	3,10 > 0,46	Significativa
$\mu_C - \mu_D$	1,50 > 0,36	Significativa	$\mu_C - \mu_D$	1,30 > 0,46	Significativa

Para la humedad se observa que  $\mu_A \neq \mu_B$ ,  $\mu_A \neq \mu_C$ ,  $\mu_A \neq \mu_D$  y  $\mu_C \neq \mu_D$  mientras que  $\mu_B = \mu_C$  y  $\mu_B = \mu_D$  es decir que los tratamientos para estos dos últimos pares de medias tuvieron el mismo efecto mas no para el resto. Con respecto a los valores para la grasa, se obtuvo que el tratamiento aplicado tuvo el mismo efecto en el par de muestras  $\mu_A = \mu_D$ .

De los resultados anteriores y los de la tabla 3.5 se observa que los mejores tratamientos para la obtención de harina fueron el tratamiento C que corresponde a 148 °C y 80 minutos y D que corresponde a 148 °C y 120 minutos. Estos dos tipos de tratamiento aseguran contenidos de humedad y grasa dentro de los rangos recomendados por Parsons *et al.*, 1997 que son entre 6,40 % y 8,60 % para el contenido de humedad y entre 8,70 % hasta 13,10 % para grasa.

El tratamiento C ofrece una harina con mayor contenido de cenizas con respecto al resto de tratamientos. Sin embargo la muestra D resultó ser la más importante porque no solamente ofrece un alto contenido de cenizas sino que también representa el de mayor contenido proteínico y además asegura mayor tiempo de cocción que primordialmente transfiere apropiadas características microbiológicas al producto. De esta manera, las condiciones de tiempo y temperatura empleadas para esta muestra son las más recomendables para el tratamiento térmico del material óseo en la futura planta, es decir una cocción a 148 °C por 120 minutos.

### **3.3.3 PRENSADO**

El porcentaje de extracción de grasa en esta etapa para las muestras analizadas en la tabla 3.5 se muestra en la tabla 3.7. Para esto se tomó en cuenta la cantidad de grasa que se extrajo durante el tratamiento térmico en cada repetición. Los valores de grasa resultado de la extracción en las dos etapas de procesamiento se ajustaron a los resultados finales del análisis proximal.

**Tabla 3.7.** Porcentajes de extracción de grasa durante la cocción y compresión del material en un rango de fuerza ejercida entre  $34 \times 10^3$  Pa y  $49 \times 10^3$  Pa

Muestra	Extracción en cocción (%)	Extracción en prensa (%)	Total grasa extraída (%)	Grasa final en la harina (%)
A	5,30	3,30	8,60	13,40
B	3,90	2,80	6,70	15,30
C	7,10	3,80	10,90	11,10
D	6,20	3,20	9,40	12,60

De la tabla 3.7 se aprecia que en la cocción se separa la mayor cantidad de grasa en comparación con el prensado. Se insiste una vez más en que los tratamientos a  $148\text{ }^{\circ}\text{C}$  permitieron una mayor extracción de grasa en comparación con los métodos a  $116\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A pesar de que se extrajo gran parte de la grasa durante la cocción, el prensado fue fundamental para alcanzar los porcentajes necesarios que se revisaron en la bibliografía.

De esta manera resultó crucial transportar el material caliente después de la cocción inmediatamente a la prensa para cumplir el objetivo. Si el material se enfría la extracción de grasa en la prensa es casi nula por esta razón en el Anexo XVII se aprecia el detalle de las actividades de los operadores en la futura planta para que transporten el material sin perder tiempo después de la cocción a la prensa.

Es importante tener en cuenta que en la descripción de los tiempos en el Anexo XVII se contempla un rango de tiempo de 2 minutos para que el operador separe la pasta grasosa de la prensa una vez terminada la operación. La precaución anterior evitará que la siguiente carga de material en la prensa no adquiera mayor cantidad de grasa y se mantengan los porcentajes de extracción establecidos para la fabricación de la harina.



### 3.3.4 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

En cuanto al afrechillo, la mayoría de partículas se acumularon en los tamices No. 20 y No. 40, como se observa en la tabla 3.8 El 72 % del afrechillo se agrupó en el tamiz No. 40, es decir que la mayoría del material se asentó sobre dicho tamiz.

Los tamices No. 20 y No. 40 poseen diámetros de 0,85 mm y 0,43 mm respectivamente. Por otro lado al no poseer información del diámetro de malla que el fabricante empleó para obtener el afrechillo, se dedujo que se empleó la malla No. 18 para su molienda la misma que tiene un diámetro de 1mm y esta a continuación de la malla No. 20.

El razonamiento anterior se fundamenta en que la mayoría del afrechillo se asentó en los tamices No. 20 y No. 40 durante el análisis granulométrico lo que evidencia que la molienda se realizó en una malla de mayor diámetro por la cual atravesaron la mayor porción de partículas. De esta manera se decidió emplear una malla No. 18 para la molienda del material óseo obtenido después de la operación de prensado en esta investigación y de esta manera obtener tamaños de partículas similares a los del afrechillo de referencia.

**Tabla 3.8.** Porcentajes de retención en los tamices No. 20, 40, 50, 80, 100 para el afrechillo de referencia

Número de tamiz <sup>a</sup>	Diámetro mm <sup>b</sup>	Porcentaje de retención afrechillo
20	0,85	27,17%
40	0,43	71,65%
50	0,30	1,15%
80	0,18	0,01%
100	0,15	0,00%
Fondo <sup>c</sup>		0,02%
Total		100,00%

- a. Numeración internacional estándar de los tamices.
- b. Diámetro estándar internacional del tamiz de acuerdo con las normas ISO.
- c. Recipiente de recepción del material que pasa a través del último tamiz.

En cuanto a la harina que se obtuvo, se pueden observar en la tabla 3.9 los porcentajes de retención de tres muestras. La primera diferencia que se observa con respecto al análisis granulométrico del afrechillo es la cantidad de harina que se retuvo en el tamiz No. 20.

A pesar de que los porcentajes de retención están cercanos a los del afrechillo, existe un mayor incremento en el peso debido a la presencia de grasa que se acumula en los orificios del tamiz. En segundo lugar, se observa que en el tamiz No. 40 de manera análoga al afrechillo, se asienta la mayor cantidad de material.

Consecuentemente, se afirma que los tamaños de partícula que se obtuvieron al emplear la malla No. 18 para la obtención de harina de hueso durante esta investigación están dentro del rango aceptable para su mezcla en la formulación de balanceados comerciales ya que el afrechillo que se analizó inicialmente provenía de una malla con la misma numeración y adicionalmente este insumo es extensamente empleado en las formulaciones de la industria de alimentos balanceados.

**Tabla 3.9.** Porcentajes de retención en los tamices No. 20, 40, 50, 80, 100 para tres muestras de harina de huesos de res provenientes de la fábrica Federer

Número de tamiz <sup>a</sup>	Diámetro mm <sup>b</sup>	Porcentaje de retención muestra 1	Porcentaje de retención muestra 2	Porcentaje de retención muestra 3
20	0,85	33,11%	30,56%	31,14%
40	0,43	65,91%	68,11%	67,57%
50	0,30	0,97%	1,24%	1,21%
80	0,18	0,01%	0,06%	0,05%
100	0,15	0,00%	0,02%	0,02%
Fondo <sup>c</sup>		0,00%	0,01%	0,01%
Total		100,00%	100,00%	100,00%

- a. Numeración internacional estándar de los tamices.
- b. Diámetro estándar internacional del tamiz de acuerdo con las normas ISO.
- c. Recipiente de recepción del material que pasa a través del último tamiz.

### **3.4 EVALUACIÓN DEL MERCADO DE LA HARINA DE HUESO**

#### **3.4.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO**

De acuerdo con la tecnología, variables de control, proceso que se empleó en la etapa experimental y recomendaciones que se mencionan en el análisis técnico de este estudio, se tiene que la fábrica Federer producirá una harina a partir de los huesos que se desechan en la sala de despiece con el contenido nutricional de la muestra D que corresponde a 148 °C por un espacio de 120 minutos.

El producto que se obtenga en la fábrica tendrá un contenido nutricional aproximado de humedad 6,70 %; grasa 12,60 %; proteína 31,30 % y cenizas 49,40 %. Los valores que se citaron se pueden apreciar y comparar con los otros tratamientos en la tabla 3.7.

El destino de este producto será su incorporación en las mezclas de balanceados como suplemento de calcio, fósforo, proteína y grasa para la alimentación de aves en las industrias procesadoras de dichos alimentos que se encuentren cercanas al Distrito Metropolitano de Quito. Para la comercialización, se resaltarán el elevado contenido de minerales esencialmente de calcio y fósforo que posee la harina.

Adicionalmente, se mostrarán las ventajas que proporciona el producto con respecto a la relación costo beneficio que representa para los fabricantes de alimentos balanceados en cuanto a adquirir un producto que aparte de proporcionar minerales, posee fuentes energéticas como grasa y proteína animal.

Con respecto a las grasas, aparte del aporte energético ayudan a la palatabilidad del alimento balanceado. Por otro lado, las proteínas de la harina contribuyen también con calorías al animal y adicionalmente son de mayor digestibilidad que las provenientes de fuentes vegetales de acuerdo con Parsons *et al.*, 1997.

Se señalará también que debido a que las proteínas provienen de tejido óseo estas poseen hidroxiprolina e hidroxilisina que son dos aminoácidos presentes únicamente en tejidos animales.

Por último debido al bajo contenido de humedad del producto, se destacará su amplio período de almacenamiento en condiciones adecuadas las mismas que no requieren de instalaciones de refrigeración, sino de ambientes en los cuales los roedores no puedan tener acceso.

### **3.4.2 ESTADÍSTICAS DE LA DEMANDA**

El mercado de alimentos balanceados en el Ecuador es dinámico dentro y fuera del país en cuanto a consumo de materias primas y venta de alimento. Este dinamismo está en constante crecimiento debido a las necesidades de la población con respecto a aves, cerdos, reces, camarón y peces (AFABA, 2008).

En la tabla 3.10 se observa por un lado que el consumo de alimentos balanceados se incrementa cada año tanto para aves como para el resto de animales en explotación. También se aprecia que la industria avícola consume tres veces más cantidad de alimento que los otros animales.

Se produjeron casi  $1,9 \times 10^9$  kg de balanceados en el año 2008 que representaron un 5 % de incremento con relación a la producción en el año 2007, sin tomar en cuenta a los pequeños productores. Los representantes de este sector industrial aseguran que la producción seguirá en constante crecimiento a pesar del incremento de los precios en las materias primas que se utilizan para las formulaciones (El Comercio, 8/2/2008).

**Tabla 3.10.** Producción de alimentos balanceados en el Ecuador para el período 2000 - 2006

Años	Aves kg	Otros kg <sup>a</sup>	Total kg
2002	8,42 x 10 <sup>8</sup>	2,59 x 10 <sup>8</sup>	1,10 x 10 <sup>9</sup>
2003	9,71 x 10 <sup>8</sup>	2,82 x 10 <sup>8</sup>	1,25 x 10 <sup>9</sup>
2004	1,09 x 10 <sup>9</sup>	3,16 x 10 <sup>8</sup>	1,40 x 10 <sup>9</sup>
2005	1,19 x 10 <sup>9</sup>	3,74 x 10 <sup>8</sup>	1,56 x 10 <sup>9</sup>
2006	1,20 x 10 <sup>9</sup>	4,30 x 10 <sup>8</sup>	1,63 x 10 <sup>9</sup>

a. Alimento destinado para otras especies en explotación.  
(AFABA, 2008)

Por otro lado en la tabla 3.11 se muestra que el incremento en el consumo de alimentos balanceados para el sector avícola se debe a que las necesidades en la población con respecto a aves y huevos aumentan también cada año.

**Tabla 3.11.** Producción avícola en el Ecuador para el período 2000-2006

Años	Huevos kg	Carne de pollo kg
2000	6,38 x 10 <sup>7</sup>	2,07 x 10 <sup>8</sup>
2001	7,21 x 10 <sup>7</sup>	2,20 x 10 <sup>8</sup>
2002	7,83 x 10 <sup>7</sup>	2,40 x 10 <sup>8</sup>
2003	8,22 x 10 <sup>7</sup>	2,53 x 10 <sup>8</sup>
2004	9,37 x 10 <sup>7</sup>	2,84 x 10 <sup>8</sup>
2005	1,05 x 10 <sup>8</sup>	3,12 x 10 <sup>8</sup>
2006	1,08 x 10 <sup>8</sup>	3,30 x 10 <sup>8</sup>

(AFABA, 2008)

Las fuentes de calcio y fósforo para la industria de balanceados en el país se importan como fosfatos entre los cuales se encuentran fosfato di cálcico, mono cálcico, defluorinado y fosfato di cálcico anhidro. Estos son los competidores de la harina de hueso que se producirá en la fábrica Federer. El fosfato di cálcico se importa a un precio de 45 dólares el quintal, su número de partida de importación es 2835250000. Los fosfatos mono cálcico, defluorinado y fosfato di cálcico anhidro se encuentran dentro de la partida arancelaria 2835260000 y su precio es de 68 dólares el quintal.

Los valores que se mencionaron para los fosfatos corresponden a su precio CIF es decir el costo del flete, seguros internacionales y normalmente también el costo de descarga en el muelle (BCE, 2008).

En la provincia de Pichincha existen 44 fábricas procesadoras de alimentos balanceados que representan el 13 % del total de fábricas que existen en el país. Estos establecimientos dentro de la provincia en conjunto producen  $3,70 \times 10^6$  kg mensuales de alimento (AFABA, 2008).

Las raciones alimenticias que se preparan en el país ya sea para pollos ó aves ponedoras emplean el 3 % de fosfatos de calcio (AFABA, 2008). Si se toman en cuenta las  $3,70 \times 10^6$  kg mensuales de alimento que se producen en la provincia de Pichincha, se tiene que se requieren  $1,11 \times 10^6$  kg de fuentes de fosfato de calcio para satisfacer las necesidades de la creciente industria con respecto al abastecimiento de los dos minerales.

### **3.4.3 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OFERTA**

De acuerdo con las partidas 2835250000, 2835260000 del Banco Central del Ecuador que corresponden a fosfatos de calcio, ingresaron al país  $1,34 \times 10^7$  kg de estos nutrientes para el período Abril 2008 - Abril 2009, los que se repartieron dentro del país en diferentes industrias como la farmacéutica, cerámica entre otras. En el caso de la industria de balanceados, se empleó el 45 % de estas importaciones (AFABA, 2008). De los  $1,11 \times 10^6$  kg de fosfatos que la provincia requiere existe un desajuste de alrededor del 6 % o lo que es lo mismo 67 000 kg (AFABA, 2008, Banco Central del Ecuador, 2009).

Esta demanda insatisfecha de producto se debe precisamente al continuo incremento de las necesidades de carne de pollo y también a las exportaciones de balanceados desde el país (AFABA, 2008). De esta manera, la harina que se producirá en la fábrica Federer tendrá un mercado de demanda insatisfecha al cual abastecer en cuanto a fuentes de fosfato de calcio.

La harina de hueso de este proyecto tiene un 25 % de proteína y tiene a la soya como un fuerte competidor. Sin embargo la harina posee otras fuentes nutricionales importantes como son fósforo, calcio, proteína y grasa que pueden resultar beneficiosas en cuanto a su precio con respecto a los fosfatos que se importan. Por otro lado los fosfatos no se producen en el país y también se los importa, esto hace que los productores de balanceados incurran en gastos de importación y eventualmente incrementen sus costos de producción. De esta manera la harina a producirse presenta ventajas sobre las otras fuentes ya que al contener tres nutrientes en un solo producto se mejora el costo beneficio de los productores de alimento.

#### **3.4.4 MERCADO DEL PRODUCTO**

Los potenciales consumidores de la harina de hueso a procesarse en la fábrica Federer serán los fabricantes de alimentos balanceados de la provincia de Pichincha. A pesar de que el enfoque en primera instancia es la introducción del producto para la nutrición de aves, se pretende comercializar la harina a futuro en dietas de porcinos, mascotas, y en la industria de la acuicultura.

De acuerdo con la capacidad de producción de la fábrica, se tiene que se producirán alrededor de 95 quintales de harina mensuales que permitirán satisfacer alrededor del 7 % de las 67 000 kg de demanda insatisfecha actualmente en la provincia. Adicionalmente, se priorizarán empresas con bajos volúmenes de producción y que preferentemente se encuentren cercanas al cantón Quito.

#### **3.4.5 COMERCIALIZACIÓN**

Se empacará la harina en sacos de 45,45 kg y se transportarán en las camionetas de la fábrica que están recubiertas por una cabina con cámara de refrigeración. Esta característica de los vehículos permitirá tener el medio ambiente adecuado para el transporte de la harina.

El despacho del producto se efectuará de acuerdo con los horarios de recepción de materia prima en las fábricas a las que se venderá la harina. Sin embargo se tratará de llegar a acuerdos para que el transporte se realice alrededor de las 2:00 pm ya que al menos una camioneta se encuentra libre en ese tiempo. Por otro lado se prestará puntual atención a la limpieza del vehículo antes de cargarlo al día siguiente con productos cárnicos para evitar contaminación cruzada.

### **3.5 ESTUDIO TÉCNICO**

#### **3.5.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA**

Se aprovechará el espacio físico de una cancha de tenis que se encuentra en la parte posterior de la fábrica, propiedad de la empresa Federer.

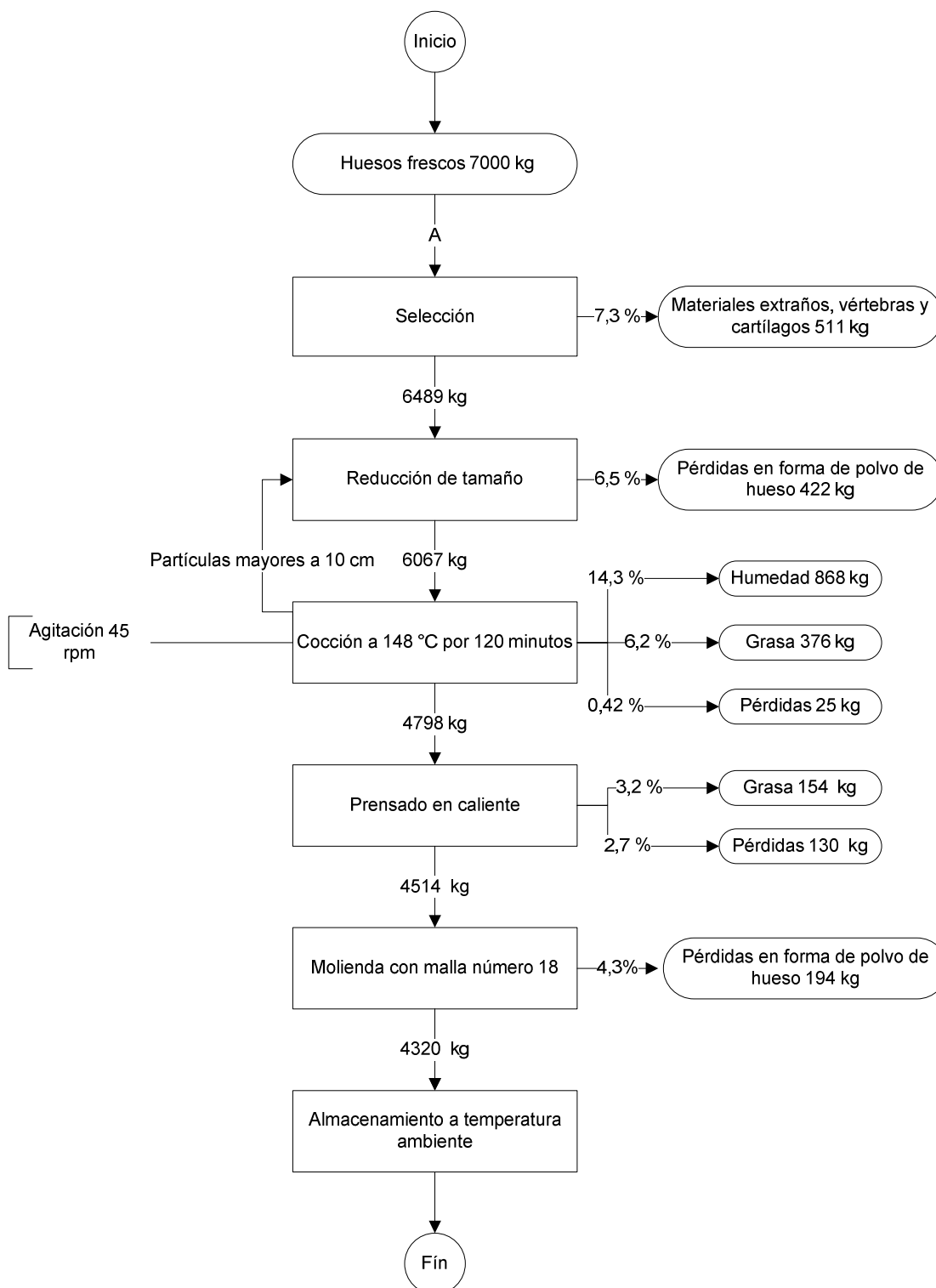
#### **3.5.2 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN**

La capacidad de producción se basa en los reportes diarios de desecho de huesos que es de alrededor de 7 000 kg mensuales. Sin embargo más adelante se destaca que los equipos a emplearse tendrán una capacidad superior a esta para advertir incrementos de producción. Adicionalmente, durante la planificación de áreas se toma en cuenta el espacio físico que puede ocupar una máquina adicional en cada área y los operarios alrededor de las mismas en caso de necesitarse.

#### **3.5.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO**

El balance de masa que se presenta en la figura 3.3 corresponde a los 7 000 kg de huesos frescos que se desechan mensualmente en la fábrica. Una vez terminada la etapa de selección, el rendimiento del material fresco en harina es del 67 % que corresponde a los 4 320 kg de harina al final de la molienda, los mismos que llenan 95 sacos de 45,45 kg al mes.





**Figura 3.3.** Balance de masa para obtener 95 quintales de harina de hueso mensuales

### **3.5.4 PROGRAMA DE TRABAJO**

A continuación se describen los detalles de cada operación que se llevarán a cabo en la nueva planta. Para el entendimiento de esta descripción en el Anexo XIII se presenta un esquema que se ajusta a dicha descripción.

#### **3.5.4.1 Transporte de huesos hacia el área de procesamiento.**

- Los operadores 1 y 2 empiezan la jornada a las 7:00 am, es decir 30 minutos después del inicio de las operaciones en la fábrica con el objeto de tener 60 kg de huesos al iniciar el corte.
- En la sala de despiece el operador 1 recoge los huesos que se desechan de las canastas A, B, C, D, E, F, G, H y los coloca en el carro (a).
- El operador 1 empuja el carro hasta una polea para ajustarlo y transportarlo hacia el área de procesamiento de los huesos que se encuentra a un desnivel de aproximadamente 5 m.
- Cada hora se repite esta operación y siempre se transporta alrededor de 60 kg de huesos frescos.
- El carro (a) posee las dimensiones: 0,60 m x 0,80 m x 0,80 m = 0,48 m<sup>3</sup> suficiente para transportar entre 60 kg y 80 kg de material en cada viaje, el volumen que ocupan los huesos antes del corte es de 3 a 4 veces mayor que el que ocupan los huesos cortados.
- Se utilizan dos carros, uno con huesos para el corte y otro carro en la sala de despiece para cargar más material.

#### **3.5.4.2 Reducción de tamaño**

- El operador 2 recibe el carro (a) de la polea y lo transporta hacia el espacio que existe en la mitad de las dos sierras de banda.

- Los operadores 1 y 2 cortan los huesos hasta tamaños con una longitud máxima de 10 cm. Cada operador tiene un carrito (b) y (c) en donde acumula los pedazos de huesos cortados.
- Cada hora entre los dos operadores cortan 60 kg de huesos, al final de la jornada han procesado 350 kg y se evita que el material fresco perezca.
- Cada hora el operador 1 empuja el carro vacío del centro de las sierras y lo lleva a la polea, al mismo tiempo recibe de la parte de arriba otro carro de las mismas dimensiones con 60 kg de material. El otro carro vacío se manda por la polea para cargar más material durante la siguiente hora. El ciclo se repite hasta el final de la jornada hasta procesar los 350 kg de material.
- Los carros (b) y (c) consisten en una base con ruedas, la base tiene una altura de 0,35 m, sobre esta se encuentra un recipiente de acero inoxidable de 0,45 m x 0,45 m x 0,45 m  $\approx 0,10 \text{ m}^3$ . Se pueden acumular 100 kg de hueso cortado. La altura total de carro es de 0,80 m.
- Las dimensiones de los carros (b) y (c) son menores que el carro (a) porque los huesos cortados ocupan menos volumen que los huesos enteros.

#### 3.5.4.3 Cocción

- El operador 3 inicia la cocción cuando se acumulan 90 kg de hueso cortado. Se calculó el volumen del cocedor para procesar 90 kg de hueso por un espacio de 80 minutos, de esta manera se puede cocinar los 350 kg de material diarios en un día sin que este perezca.
- El operador 3 recoge el material de los carros (b) y (c) hasta que se acumulen 90 kg confirmándolos en la báscula. Posteriormente carga el material en el cocedor e inicia la cocción por 80 minutos. La actividad se repite tres veces hasta terminar de procesar los 350 kg.
- El cocedor consiste en un cilindro horizontal que tiene un eje central con paletas para agitar el material durante el procesamiento. El equipo posee mallas en uno de los planos horizontales para que la grasa resbale en

cada vuelta, la misma que se recoge en un recipiente (d) en el suelo con la misma longitud del aparato en sentido horizontal. Los orificios de la malla permiten al mismo tiempo el escape de humedad del material durante la cocción. Las paredes del cilindro tienen una chaqueta de calentamiento para alimentar vapor proveniente del caldero de la planta, este calor se transmite hacia el interior del aparato para separar humedad y grasa de los huesos.

- La longitud del cocedor es de 1,22 m y diámetro de 0,50 m. El equipo se encuentra sobre una base separada del suelo 0,50 m. El volumen del cilindro es suficiente para que el material con las paletas se muevan dentro del aparato. La longitud del recipiente (d) es de 0,20 m y su longitud de 1,22 m.
- Al final de la jornada el operador 3 recoge la grasa acumulada en (d) y la coloca en tanques de plástico para almacenarlos en la bodega de producto terminado y posteriormente comercializarla para otras aplicaciones en la industria.

#### **3.5.4.4 Prensado**

- Al final de cada cocción por un espacio de diez minutos el operador 3 descarga el material del cocedor y lo lleva a la prensa con la ayuda de una pala.
- La operación se realiza sin perder tiempo para poder extraer grasa hasta niveles entre el 10 % y 12 %. La actividad se repite tres veces más a lo largo de la jornada.
- Mientras el material se prensa, el operador 3 emplea diez minutos para pesar los carros (b) y (c) y cargar el nuevo material en el cocedor.
- Al final de la jornada el operador 3 recoge la grasa acumulada del material prensado sobre el recipiente (e) y la lleva a la bodega de almacenamiento de producto terminado.
- Las dimensiones del recipiente para recibir el material cocido en la prensa son 0,80 m x 0,45 m x 0,30 m = 0,10 m<sup>3</sup>, este volumen es suficiente para

procesar el doble de material. La longitud del recipiente (e) es la misma de la prensa y su altura de 0,20 m, estas dimensiones proveen suficiente volumen para almacenar la grasa extraída durante una jornada.

#### **3.5.4.5 Molienda**

- Al final del prensado el operador 3 recoge los sólidos y los acumula en el carro (f) cerca del molino de martillos, la operación toma diez minutos.
- El tiempo que el operador 3 tiene que esperar para repetir las operaciones de cocción y prensado lo dedica para la molienda. En una jornada, este operador muele el material por un espacio de 220 minutos. El material prensado que no se muele en un día se lo almacena en la bodega de producto terminado para procesarlo al día siguiente mientras se espera que salga el material de la primera cocción.
- El carro (f) tiene dimensiones de 0,5 m x 0,5 m x 0,84 m = 0,21 m<sup>3</sup> con una capacidad para almacenar 300 kg de material prensado.
- Durante la molienda, en la salida de la tolva del molino se coloca un saco para recoger la harina. El producto se almacena en la bodega de producto terminado para su posterior comercialización.
- El operador 3 es el encargado de llevar inventario del producto final y su embarque para la venta.

Los tres operarios que se requieren para el funcionamiento de la planta rotan cada semana del proceso de corte a realizar las funciones del operador 3. En los Anexos XIV y XV se presenta un resumen de las actividades con los requerimientos de tiempo y operadores mientras que en los Anexos XVI y XVII se observan los horarios propuestos para realizar las actividades en una jornada de trabajo.

Las alturas de los carros de transporte sobre estos son de 0,8 m para que los operadores puedan manipular la materia en proceso. Los volúmenes de dichos recipientes se calcularon de acuerdo con la densidad del material objeto de este proyecto, sin embargo se han incrementado las capacidades para prevenir aumentos de producción en el futuro. La capacidad de la maquinaria recomendada puede procesar hasta alrededor de 12 000 kg mensuales o 600 kg diarios, es decir casi el doble de la producción normal de 350 kg al día.

### 3.5.5 DIMENSIONAMIENTO BÁSICO DE EQUIPOS

El detalle de los equipos auxiliares como carros para transporte del material en proceso y los envases se encuentran detallados en la sección 3.5.4. Las sierras de banda son nuevas de fabricación nacional, el cocedor y prensa se fabricarán en el país de acuerdo con sus volúmenes y especificaciones requeridas. Se adquirirá un molino de martillos de segunda mano en el mercado nacional.

#### 3.5.5.1 Sierras de Banda

Se emplearán dos sierras de banda fabricadas en el país para reducir el tamaño de los huesos frescos a dimensiones entre 2 cm y 10 cm. Las especificaciones de consumo energético y tipo de corte se detallan en la tabla 3.12.

**Tabla 3.12.** Requerimientos energéticos y capacidades de las sierras de banda a emplearse

Característica	Capacidad
Potencia	350 W
Consumo	1,50 Amperios
Velocidad	11,20 m/s
Profundidad de corte	0,80 m
Longitud de corte	2,30 m
Largo de la cuchilla	1,51 m
Foco de apoyo	12 V

Las sierras de banda permiten un adecuado control del paso de los huesos a través de la cuchilla de corte. Estas máquinas están diseñadas para acabados artísticos en carpintería, sin embargo la superficie de apoyo y la profundidad de corte proveen suficiente espacio para que los huesos frescos se apoyen sobre la superficie y de esta manera reducir el riesgo de accidente del operador.

Adicionalmente el diseño de la máquina permite reducir aún más de tamaño los pedazos pequeños de hueso. El operador puede atravesar el hueso por la banda de corte de la misma manera que lo hace un carpintero para cortar esquinas difíciles de pedazos de madera o para moldearla artísticamente.

El largo de la cuchilla que se muestra en la tabla 3.12 corresponde a la banda de corte que está sujeta sobre un eje circular que se encuentra en continuo movimiento. Por último el foco de apoyo instalado en la parte superior central de la sierra, permite al operador observar con detenimiento el avance del corte.

#### **3.5.5.2 Cocedor**

Las superficies de contacto serán de acero inoxidable. El vapor que alimenta la chaqueta de calentamiento será direccionado por una tubería proveniente del caldero de la fábrica. La máquina estará dispuesta en sentido horizontal sobre una base de acero al carbono. La capacidad de procesamiento del cocedor será de 90 kg/hora de huesos cortados, el volumen y longitud se encuentran detallados en la sección 3.4.4.

#### **3.5.5.3 Prensa Hidráulica**

Similar a una prensa hidráulica de pie, cada alimentación es de 54 kg de hueso cocinado que ocupan  $0,04 \text{ m}^3$  de acuerdo con la densidad que se calculó en la fase experimental, es decir se tiene suficiente espacio para soportar excesos de producción ya que su capacidad es de  $0,1 \text{ m}^3$ . Las paredes del recipiente de recepción del material serán recubiertas con acero inoxidable y la base del

recipiente tendrá agujeros de 0,005m de diámetro a manera de malla para filtrar la grasa. El plato de compresión también será recubierto con acero inoxidable. Su operación es mediante un pedal que permite al plato de compresión ejercer fuerza sobre el material en el recipiente de recepción de la prensa.

#### **3.5.5.4 Molino de Martillos**

Se empleará un molino con motor de 12,5 HP monofásico de 220 voltios y 3 600 revoluciones por minuto con capacidad para procesar 205 kg por hora de material prensado, suficiente para soportar aumentos de producción.

Se ofrecerán a los fabricantes de alimentos balanceados los siguientes tamaños de partícula 1,18 mm, 1,00 mm, 0,85 mm, 0,71mm y 0,60 mm que corresponden a los números de mallas 16, 18, 20, 25 y 30 respectivamente. De esta manera el cliente puede optar el tamaño de partícula que más se ajusta para su mezcla de alimento.

#### **3.5.6 DIMENSIONAMIENTO DE ÁREAS**

En el Anexo XVIII se presenta la distribución de las áreas con las longitudes que ocupan los equipos y materiales a almacenar. El área en la que se planea construir la planta actualmente es una cancha de tenis que se encuentra a un desnivel de 5 m, la misma que tiene acceso con gradas. De todas maneras, la manera más práctica para transportar los huesos frescos y la harina obtenida es a través de poleas.

Es necesario también puntualizar que estas áreas de recepción de huesos frescos y embarque de harina obtenida están separadas por lo que consecuentemente cada una emplea poleas diferentes. Se planea también ocupar un frente del terreno libre para que en el posible caso de requerir mayor área de construcción, se aproveche eficientemente el espacio.



En la distribución de las áreas que se aprecia del Anexo XVIII se observa que las etapas del proceso se encuentran separadas de la bodega de producto terminado. La fábrica posee baños y vestidores, por lo tanto no se necesita incurrir en estos gastos de construcción.

Debido a que se obtendrán 95 quintales de harina al mes y los despachos se realizarán una vez por semana, se ha planificado el espacio de la bodega de producto terminado para almacenar 24 quintales semanales y en el caso de un exceso de producción tener un espacio extra para un máximo de 32 quintales por semana. Se almacenarán los sacos de harina sobre pallets de 0,8 m x 0,8 m, se requieren 2 pallets que contengan 16 quintales dispuestos en dos filas de 8 quintales cada una con de altura 1,2 m desde la base del pallet. El resto del espacio se empleará para almacenar la grasa extraída en el proceso en tanques de plástico.

De acuerdo con Hancox 1972 la densidad de la médula de res es de  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , para esta investigación se desecharán 530 kg de grasa mensuales provenientes de la cocción y prensado del material en proceso. De esta manera se emplearán 3 tanques de  $5 \times 10^4 \text{ cm}^3$  para despachar un total de  $1,47 \times 10^5 \text{ cm}^3$  de grasa por semana.

### **3.6 ESTUDIO ECONÓMICO**

Dos factores fundamentales para el desarrollo del presente análisis corresponden al costo de la materia prima y el precio de introducción del producto en el mercado. Con respecto a la materia prima es decir los huesos frescos, su costo de adquisición se encuentra subsidiado por los gastos en que incurre la empresa al adquirir las canales. La fábrica en la actualidad aparentemente no presenta pérdidas por el rechazo de los huesos que compra como parte de la canal y evidentemente la utilidad que recibe por la venta de sus productos cárnicos procesados cubre el costo del material de desperdicio que en este caso son los huesos de desecho.

Sin embargo se ha considerado que el costo de los huesos como materia prima para convertirlos en harina corresponde a alrededor del 17 % de lo que se pago por la res faenada. Este porcentaje se justifica por los recursos que la empresa debe emplear para mantener los huesos frescos y los operarios de la sala de despiece que intervienen de manera indirecta al inicio del proceso.

En base a la explicación anterior se tiene que la fábrica paga 90 centavos de dólar por Kilogramo de res faenada, de esto entonces el precio de los huesos es decir el 17 % del costo inicial corresponde a 15 centavos por kilogramo de hueso.

En cuanto al precio de introducción de la harina en el mercado se consideraron tres aspectos, el precio para los fosfatos importados, la alta disponibilidad biológica en especial del fósforo y el adicional contenido de nutrientes en la misma fuente que representa un beneficio económico para el fabricante de alimentos balanceados.

Para favorecer la competitividad del producto dentro del mercado se ha fijado un precio de 44 dólares el quintal de harina con respecto a 45 dólares para los fosfatos importados. No se tomo en cuenta los fosfatos defluorinados ya que su precio es elevado debido a que los fabricantes deben incurrir en gastos adicionales para separar el flúor de la roca, lo que provoca el encarecimiento de la mencionada fuente que adicionalmente no tiene una dilatada demanda dentro del país.

Este análisis considera los gastos y costos de producción de rubros fijos y variables que la empresa debe considerar para la implantación y avance del proyecto. Los costos corresponden a mano de obra directa e indirecta, gastos financieros, gastos de administración, gastos generales, amortizaciones, depreciaciones, seguros y mantenimiento.

### 3.6.1 INVERSIÓN TOTAL Y FIJA

La inversión total abarca un 30 % que la empresa está dispuesta a invertir como capital propio y un financiamiento del 70 % proveniente de la Corporación Financiera Nacional a un 11 % anual para un lapso de diez años. El financiamiento comprende al denominado crédito directo de primer piso para la industria manufacturera el mismo que contempla activos fijos y capital de trabajo.

En la tabla 3.13 se presenta un resumen global de las inversiones totales para el proyecto y en la tabla 3.14 se presentan los parámetros considerados para la inversión fija, complementariamente en el Anexo XIX se puede observar un despliegue detallado de los rubros que comprenden la inversión fija.

**Tabla 3.13.** Resumen de la inversión total para la implementación del proyecto

Detalle de inversiones	Valor (USD)	%
Inversión fija	18 793	37
Capital de operaciones	31 406	63
Inversión total	50 199	100
Capital propio	15 000	30
Financiamiento	35 199	70

**Tabla 3.14.** Resumen de la inversión fija para la implementación del proyecto

Detalle de inversiones	Valor (USD)	%
Terrenos y construcciones	10 405	55,30
Maquinaria y equipo	6 641	35,30
Otros activos	852	4,50
Suman	17 898	95,20
Imprevistos inversión fija 5%	895	4,80
Total	18 793	100,00

### 3.6.2 CAPITAL DE OPERACIÓN

En la tabla 3.15 se observan los rubros considerados para el capital de operación, mientras que en el Anexo XX se exhibe un detalle completo de los parámetros considerados.

Para los gastos administrativos y de personal de ventas se consideró que cada departamento emplea una hora extra de trabajo diaria para gestionar las tareas que requiere la nueva planta. Los sueldos para cada empleado se basan en lo que recibiría por su trabajo en 20 días laborables.

**Tabla 3.15.** Rubros considerados para determinar el capital de operación

Egresos	Valor mensual dólares	Valor anual dólares
Materiales Directos	1 061	12 728
Mano de Obra Directa	752	9 029
Carga Fabril	180	2 160
Gastos de administración	501	6 014
Gastos de venta	123	1 476
Total	2 617	31 407

### 3.6.3 PUNTO DE EQUILIBRIO

Las ventas netas que se presentan en la tabla 3.16 corresponden a 1140 quintales de harina de 45,45 kg y 144 tanques de grasa de 50 000 cm<sup>3</sup>. Las variaciones en las ventas en los consiguientes años se deben a incrementos porcentuales de ventas, aumento de la demanda, disminución del precio y promoción, este comportamiento se observa en la tabla 3.17.

**Tabla 3.16.** Ventas netas anuales para 1140 quintales de harina y 144 tanques de sebo en el primer año

Productos	Cantidad anual kg	Valor unitario dólares	Valor total anual dólares
Sacos de harina de 45,45 kg	51 800	0,96	49 766,40
Tanques de grasa de 50 000 cm <sup>3</sup>	6 370	0,60	3 816,00
Total			53 582,40

**Tabla 3.17.** Comportamiento de las ventas netas debido a factores de oferta y demanda en los primeros diez años de proyecto

Año	Incremento	Ventas totales dólares
1		53 582
2	9 %	58 405
3	7 %	62 493
4	5 %	65 618
5	8 %	70 867
6	6 %	75 119
7	5 %	78 875
8	6 %	83 608
9	8 %	90 296
10	7 %	96 617

En el primer año de operación con precios actuales, se tiene que el punto de equilibrio está dado por la fórmula 3.4 la misma que arroja un resultado de 24 089 dólares anuales.

Se necesitan vender 547 quintales anuales de harina para que la empresa opere sin pérdidas ni ganancias, si las ventas están por debajo de esta cantidad la empresa pierde y si están por arriba de la cifra mencionada son utilidades para la empresa. En la fórmula 3.4 se consideraron las ventas generales que incluyen los tanques de grasa, sin embargo en el caso de que no se decidiera comercializarlos los ingresos generados solamente por la harina mantendrían el negocio sin pérdidas.

$$P. E. \$ = \frac{\text{Costos Fijos}}{1 - \frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas Totales}}}$$

[3.4]

Donde:

P.E.: Punto de equilibrio

Desde otro punto de vista, en la tabla 3.18 se tiene el estado de pérdidas y ganancias, el detalle de los costos de producción y gastos de financiamiento se presentan en el Anexo XXI. Si se compara la utilidad neta de 14 890 dólares con respecto a la inversión total de 50 199 de la tabla 3.15, se tiene que la rentabilidad del proyecto antes del impuesto a la renta es de 29,6 %. En otras palabras por cada dólar invertido en el proyecto, se obtiene un beneficio de 30 centavos de dólar.

**Tabla 3.18.** Estado de resultados para el proyecto

Concepto	Valor (USD)	%
Ventas netas	53 582,40	100,00
Costo de producción	24 703,60	46,10
Utilidad bruta en ventas	28 878,80	53,90
Gastos de ventas	1 475,50	2,80
Utilidad neta en ventas	27 403,20	51,10
Gastos de administración y generales	6 013,80	11,20
Utilidad neta en operaciones	21 389,40	39,90
Gastos de financiamiento	3 871,90	7,20
Reparto de utilidades a trabajadores 15%	2 627,60	4,90
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	14 890,00	27,80

### 3.6.4 TASA INTERNA DE RETORNO

Para determinar la tasa interna de retorno se consideraron las variaciones en los gastos de operarios, administración y ventas para el período de 10 años con una fluctuación o aumento de sueldos del 1 al 2 %, adicionalmente se tomaron en cuenta las obligaciones financieras y tributarias que la futura empresa debe tener

en cuenta. En la tabla 3.19 se observan los rubros que se consideraron y el impacto que ocasionan en la utilidad neta después de obligaciones.

La tasa interna de retorno TIR del proyecto de acuerdo con el flujo de la tabla 3.21 es del 19 %, este valor es atractivo para el inversionista ya que este tiene la opción en el mercado de capitales de invertir su dinero a una tasa del 12 % anual. Sin embargo la tasa del proyecto genera al inversionista 7 puntos más que la tasa del mercado de inversiones actual.

La tasa del 19 % en el proyecto hace que el valor actual neto VAN del proyecto sea cero y por lo tanto no genere pérdidas ni ganancias en este punto. De esta manera el VAN del proyecto es de 71 163,52 dólares que reflejan el valor del proyecto en dinero actual comparado al del último año.

Esto quiere decir que la mencionada cantidad representa el valor del dinero que el proyecto genera en la actualidad que al restarla de la utilidad después de impuestos 50 199,38 arroja un valor de 20 964,13. Este último valor al compararlo con los 71 163,52 dólares refleja otra vez la rentabilidad del proyecto a un porcentaje de 29,66 % o lo que es lo mismo por cada dólar invertido se obtiene una rentabilidad de 30 centavos de dólar.

**Tabla 3.19.** Balance de ingresos y egresos en dólares para determinar el TIR y VAN durante la primera década del proyecto

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	50 199,38										
Ingresos		53 582,40	58 404,82	62 493,15	65 617,81	70 867,24	75 119,27	78 875,23	83 607,75	90 296,37	96 617,11
Costo de producción		36 064,90	36 425,55	36 789,80	37 525,60	38 276,11	38 658,87	39 432,05	39 826,37	40 025,50	40 425,75
Gastos de ventas		1 475,54	1 490,30	1 505,20	1 535,31	1 566,01	1 581,67	1 597,49	1 629,44	1 662,03	1 678,65
Gastos administrativos y generales		6 013,77	6 073,91	6 134,65	6 226,67	6 351,20	6 478,23	6 607,79	6 673,87	6 773,98	6 841,72
Gastos de financiamiento		3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93	3 871,93
Total egresos		47 426,15	47 861,69	48 301,58	49 159,50	50 065,26	50 590,70	51 509,26	52 001,61	52 333,44	52 818,05
Utilidad antes de reparto a trabajadores		6 156,25	10 543,13	14 191,57	16 458,31	20 801,98	24 528,57	27 365,97	31 606,14	37 962,93	43 799,06
Reparto de utilidades 15 %		923,44	1 581,47	2 128,74	2 468,75	3 120,30	3 679,29	4 104,90	4 740,92	5 694,44	6 569,86
Utilidad antes de impuestos		5 232,82	8 961,66	12 062,83	13 989,56	17 681,68	20 849,28	23 261,08	26 865,22	32 268,49	37 229,20
Impuesto a la renta 25 %		1 308,20	2 240,41	3 015,71	3 497,39	4 420,42	5 212,32	5 815,27	6 716,30	8 067,12	9 307,30
Utilidad después de impuestos	-50 199,38	3 924,61	6 721,24	9 047,12	10 492,17	13 261,26	15 636,96	17 445,81	20 148,91	24 201,37	27 921,90



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Durante la caracterización física se obtuvieron resultados alentadores en cuanto a la madurez de los huesos que provienen de reses adultas, esta peculiaridad permitió una separación exitosa y rápida del tejido graso o médula de las extremidades del animal. En otros términos este particular ahorrará tiempo y energía en las primeras etapas de procesamiento del material fresco en la futura planta.
- Otra característica física importante del material óseo fresco se reflejó en la facilidad que este mostró al corte en la sierra de banda. Además el empleo de esta máquina para la etapa de reducción de tamaño permite un ahorro sustancial en la adquisición de equipos para desintegrar el material además de que ni su limpieza ni su mantenimiento requieren de mayor esfuerzo.
- La densidad de  $1,42 \text{ g/cm}^3$  que se obtuvo para el material fresco después de la etapa del corte estuvo entre los resultados esperados e inclusive el tener tamaños de hueso entre 2 cm y 10 cm de longitud permitió la planificación de áreas y maquinaria en espacios reducidos de tamaño ya que el volumen inicial de los huesos es mayor debido a sus grandes longitudes antes de la etapa de reducción de tamaño.
- Un último aspecto con respecto a la caracterización física del material fresco fue la exitosa identificación y separación del tejido conjuntivo o tendones que debido a su fuerte estructura en forma de cuerda que forman las fibras de colágeno presentan riesgo de corte en la sierra de banda debido a su superficie lisa que pueden ocasionar pérdida de un miembro corporal y durante la molienda se pueden entramar en los mecanismos de

movimiento del molino. Este material paso a formar parte del 7,30 % de pérdida en hueso que no se procesará en la fábrica junto con los materiales de riesgo para la encefalopatía espongiforme bovina.

- Con respecto a la caracterización física, los resultados del contenido de nutrientes en el análisis proximal de la muestra fresca estuvieron dentro de los valores investigados en las fuentes bibliográficas, excepto en la fracción mineral ya que su contenido aumenta a medida que el animal madura, es decir la cantidad de la fracción mineral depende del estado de madurez de la res. Sin embargo la relación de la cantidad de fósforo y calcio se mantuvo cercana al valor que se encuentra en la revisión bibliográfica de 1.9:1, esta relación es de vital importancia para la formulación de alimentos balanceados y para evitar la abundante presencia de calcio o fósforo que pueden ocasionar problemas de digestión de vitaminas en los animales de crianza.
- En cuanto a la determinación de los volúmenes a manejarse, mediante el método de transformación propuesto se consiguió reducir el volumen de desecho a un 18 %, se tomó en cuenta la etapa de selección y pérdidas durante el proceso establecido. Sin embargo solamente el 7,30 % en la etapa de selección representa hueso fresco no procesado debido a su peligrosidad como agente de transmisión de la encefalopatía espongiforme bovina y el 10,70 % restante en su mayoría fue polvo de hueso y tendones que son fáciles de acumular y desechar.
- Al determinar y diseñar las operaciones del proceso se evidenció que se puede prescindir de la etapa de compresión de los huesos después del corte porque su médula se funde en minutos durante la cocción. Las consiguientes etapas consiguen separar grasa eficientemente y obtener harina con porcentajes de humedad y grasa que se requieren en el mercado. A pesar de que la etapa de corte es lenta, se diseñó un horario

que permite emplear dos operadores que procesan los 350 kg diarios a tiempo en una jornada laboral.

- En la operación de tratamiento térmico, se obtuvo que el tratamiento D que correspondió a 148 °C por 120 minutos fue el de mayor eficiencia en cuanto a la obtención de los valores de grasa y humedad requeridos, además del mayor contenido en proteínas y un alto porcentaje de minerales en la harina. Por otro lado el tratamiento C a 148 °C por 80 minutos también permitió alcanzar los rangos de nutrientes necesarios, sin embargo este tratamiento tiene un menor tiempo de cocción que puede causar problemas microbiológicos en el producto a obtenerse.
- El rendimiento en harina a partir de la etapa de selección del material fresco fue del 67 % que resultó ser mayor al esperado en las harinas de carne y hueso el mismo que llega hasta valores cercanos al 45 %. Las razones para esta diferencia fueron la sola presencia de tejido óseo durante la transformación y la relativamente baja cantidad de humedad del material con respecto a los tejidos que se emplean para obtener harinas de carne y hueso.
- El análisis de mercado para las fuentes de materia prima en alimentos balanceados evidenció la presencia de una demanda insatisfecha en la provincia de Pichincha que continuará en crecimiento debido al gran dinamismo y crecimiento de la industria en el mercado nacional e internacional. El posicionamiento de la harina de hueso a elaborarse en la fábrica Federer dependerá de las estrategias de negociación del producto, períodos de escases de las fuentes vegetales y de la dependencia de los fabricantes de alimentos balanceados con respecto a las importaciones de las mencionadas fuentes vegetales y de fosfatos de calcio.
- La simplicidad del proceso, maquinaria requerida, cantidad de operadores y horarios propuestos para la futura ejecución del proyecto en la fábrica

Federer permitieron planificar un proyecto con resultados económicos atractivos para la recuperación del capital a invertirse en el proyecto. Específicamente la no necesidad de maquinaria de elevado costo se refleja en la simplicidad del proceso, estos dos factores favorecen a los resultados económicos en el futuro que hacen que el proyecto sea atractivo para atraer inversión.

- El análisis proximal del producto obtenido evidenció que la harina es fuente rica de minerales que en su gran proporción son calcio y fósforo. Además los valores arrojados con respecto a proteína hacen atractivo el producto a fabricantes de alimentos balanceados ya que el nutriente es de origen animal y puede poseer valores más elevados de digestibilidad que las fuentes de origen vegetal.
- Las estadísticas del Banco Central y su información histórica con respecto a los grandes volúmenes de fosfatos que se importan al país permitieron establecer un precio del saco de harina competitivo en el mercado debido no solamente a su riqueza en minerales sino también debido al contenido calórico y nutricional de proteínas y grasas.
- El bajo costo de la materia prima fresca y la maquinaria necesaria arrojaron resultados atractivos para el inversionista que puede beneficiarse con el proyecto al invertir en el mismo a una tasa del 19 % superior a la tasa de oportunidad del 12 %. Eventualmente los beneficios económicos se pueden incrementar en el futuro si la empresa eleva su producción de embutidos que en consecuencia representa un aumento del desecho de huesos aprovechables para su transformación en harina.
- La investigación evidenció que no solamente se consiguió establecer una alternativa de desecho sino que también su transformación en harina mediante el proceso propuesto puede generar beneficios económicos y de

generación de fuentes de trabajo en la fábrica Federer. Esta alternativa económicamente favorable para la empresa, permite adicionalmente reducir el volumen de desechos sólidos y su impacto al ambiente de acuerdo con las recomendaciones de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- A pesar de que no se han presentado casos de Encefalopatía espongiiforme bovina en el país, a manera de prevención no se deben incluir las vértebras de reses en el proceso de transformación a harina debido a la peligrosidad que estas pueden generar porque son consideradas capaces de transmitir la enfermedad.
- La harina que se obtuvo, a pesar de no contener vértebras, no debe comercializarse para su introducción en las dietas de reses y de esta manera evitar de forma categórica cualquier brote de encefalopatía según las regulaciones de la Comunidad Europea.
- Se debe presentar una alternativa de desecho de las vértebras de res para prevenir riesgos de contaminación del agente de la Encefalopatía espongiiforme bovina.
- Los operarios que se asignaron al corte de los huesos frescos deben usar guantes que protejan sus manos de cualquier corte debido al deslizamiento que presenta el material óseo en las articulaciones de los huesos de las extremidades como fémur, tibia, peroné y húmero.
- En la etapa de reducción de tamaño los operadores deben ser prolijos para evitar la desintegración de la materia prima fresca, además después de la

cocción se debe transportar sin pérdida de tiempo el material cocinado hacia la prensa para obtener una extracción de grasa eficiente.

- No se recomienda emplear los tratamientos a 116 °C porque pueden generar altos contenidos de grasa que se evidencian en la calidad de la harina a obtenerse.
- A pesar de la efectividad del tratamiento térmico y los cuidados que se den al material después esta etapa, se debe aplicar un análisis microbiológico de la harina obtenida para tener evidencia real de la ausencia de microorganismos patógenos especialmente de salmonella.
- Inicialmente el mercado de la harina debe ser el de la industria avícola ya que es el que mayor demanda presenta en la actualidad, sin embargo la oferta en el futuro debe expandirse a la alimentación de cerdos, mascotas y especies de explotación acuática.
- En las operaciones para la futura planta se debe prescindir de la etapa de ruptura de células que se empleo en la investigación ya que la médula ósea se expuso hacia el exterior de los huesos después del corte y no resultó necesario emplear mayor esfuerzo para extraer la grasa requerida en la cocción.
- En la harina que se obtuvo se debe realizar un análisis de las cantidades de aminoácidos presentes en el producto para presentar dicha información a los futuros consumidores.
- El precio de venta del quintal de la harina a obtenerse puede reducirse hasta un valor de 40 dólares sin tener pérdidas y para hacer más atractivo el producto con respecto a la competencia en circunstancias de sobreoferta en el mercado de los productos competidores.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, D., 2006, "Rendering Operations", David L. Meeker, "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, pp. 31,32,33,34,35.
2. Asociación ecuatoriana de fabricantes de alimentos balanceados para animales, 2008, "Demanda de materias primas y su proyección", [http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=67&limitstart=2.](http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=67&limitstart=2.), (Diciembre, 2008).
3. Asociación ecuatoriana de fabricantes de alimentos balanceados para animales, 2008, "Producción Avícola", [http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=67&limitstart=14](http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=67&limitstart=14), (Diciembre, 2008).
4. Asociación ecuatoriana de fabricantes de alimentos balanceados para animales, 2008, "Ubicación de las plantas de alimentos balanceados por provincias", [http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=66&Itemid=67](http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=67), (Diciembre, 2008).
5. Asociación ecuatoriana de fabricantes de alimentos balanceados para animales, 2008, "Estadísticas", [http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=12&showall=1](http://www.afaba.org/newsite/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=12&showall=1), (Diciembre, 2008)
6. Banco Central del Ecuador, 2009, "Consulta de totales por nandina", <http://www.bce.fin.ec/frame.php?CNT=ARB0000767>, (Enero, 2009).
7. Bisplinghoff, F., 2006, "A History of North American Rendering", David L. Meeker, "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, p. 17.
8. Blakely, D., 2005, "Cull cow body and carcass composition", <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/beef/facts/05-075f1.htm>, (Julio, 2008).
9. Carballo, B., López, G., Madrid, A., 2001, "Tecnología de la carne y de los productos cárnicos", 1era Edición, AMV Ediciones, Madrid, España, pp. 15, 30, 31, 79

10. Cromwell, G., 2006, "Swine Nutrition", David L. Meeker, "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, p. 148.
11. Dirección Metropolitana de Medio Ambiente, 2005, "Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el distrito metropolitano de Quito", [http://www.vidaparaquito.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=59&Itemid=50](http://www.vidaparaquito.com/index.php?option=com_content&task=view&id=59&Itemid=50), (Mayo, 2008).
12. Dukes, H. y Swenson, M., 1981, "Fisiología de los Animales Domésticos", Ediciones Aguilar, volumen I, Barcelona, España, pp. 883 - 893.
13. European Centre for Environment and Health Programme on Chemical Safety, 1998, "Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)", <http://www.who.int/ipcs/publications/en/exe-sum-final.pdf>, (Mayo, 2008).
14. Fourman, P., Royer, P., Levell, M., Morgan, B., 1968, "Calcium metabolism and the bone", Segunda Edición, Blackwell Scientific Publications, Oxford, Inglaterra, pp. 3 - 15.
15. Frandson, R. y Spurgeon, T., 2001, "Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos", 5ta Edición, Mc Graw Hill Interamericana, México DF, México, pp. 54 - 76.
16. Franco, D., 2006, "Feed and Food Safety", "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, p. 60.
17. Guéguen, L., 1995, "Determination of availability", Feed Mix, Vol (3), 12.
18. Hamilton, R., 1996, "Harina de carne y hueso una fuente valiosa de nutrientes en las dietas para animales y aves de corral", <http://www.darlingii.com/ResearchStaff.aspx>, (Julio, 2008).
19. Hamilton, R., Kirstein, D., Breitmeyer, R., 2006, "Public and Animal Health", David L. Meeker, "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, pp. 88,89, 90.
20. Hancox, N., 1972, "Biology of the bone", Cambridge University Press, Liverpool, Inglaterra, pp. 18 - 47.



21. Inec, 2008, "Encuesta anual de edificaciones y permisos de construcción" [http://www.inec.gov.ec/web/guest/descargas/basedatos/inv\\_eco/edificaciones](http://www.inec.gov.ec/web/guest/descargas/basedatos/inv_eco/edificaciones) (Diciembre, 2008).
22. Isequilla, P., Lasta, J., Machanie, S. y Quevedo, F., 1988, "Nivel de contaminación con salmonella en harinas de carne y hueso", *Rev Medvet.*, 69 (4),194.
23. Jarrín, A. y Avila, S., 1993, "Composición química de los alimentos zootécnicos ecuatorianos, normas para la formulación de dietas", Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, p. 55.
24. López, R. y Vanaclocha, A., 2004, "Tecnología de Mataderos", Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, pp. 243, 244, 263.
25. Meeker, D. y Hamilton, R., 2006, "Overview", "Essential Rendering", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, p.13.
26. National Renderers Association, 2006, "North American Rendering", [http://assets.nationalrenderers.org/north\\_american\\_rendering\\_v2.pdf](http://assets.nationalrenderers.org/north_american_rendering_v2.pdf), (Mayo, 2008).
27. National Renderers Association, Inc., 2008, "Blue Render Book", "Pocket information manual a buyer's guide to renderer products", [http://assets.nationalrenderers.org/pocket\\_information\\_manual.pdf](http://assets.nationalrenderers.org/pocket_information_manual.pdf), (Agosto, 2008).
28. Organización mundial de la salud, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Organización mundial de sanidad animal, 2001, "Consulta técnica sobre la encefalopatía espongiforme bovina, u salud pública, sanidad animal y comercio", <http://www.who.int/csr/resources/publications/bse/whocdscsrph20018S.pdf>, (Mayo,2008).
29. Parsons, M., Castanon, F., Han, Y., 1997, "Protein and amino acid quality of meat and bone meal", *Poultry Science*, Vol (76), 361.
30. Paspuel, W., 2008, "El balanceado caro y no baja la demanda", <http://www.elcomercio.com/Generales/Solo-Texto.aspx?gn3articleID=152261> (Junio, 2008).
31. Shimada, A., 2003, "Nutrición Animal", Editorial Trillas, México DF, México, pp. 32 - 52.

32. Sisson, S. y Grossman, D., 1999, "Anatomía de los Animales Domésticos", 5ta. edición, Editorial Masson S.A, Madrid, España, pp. 22 - 28.
33. Sullivan, T., Douglas, J., Gonzalez, N., 1993, "Levels of various elements of concern in feed phosphates of domestic and foreign origin", Poultry Science, Vol (73), 520.
34. Taylor, D., 2000, "Inactivation of transmissible degenerative encephalopathy agents", The Veterinary Journal, 16 (1), 159.
35. Taylor, D. y Woodgate, S., 2003, "Rendering practices and inactivation of transmissible spongiform encephalopathy agents", Rev. sci. tech. Off. int. Epiz , 22 (1), 297.
36. Thomsen, J., 1995, "From rock to feed production of phosphates", Feed Mix Vol (3), 16.
37. Troutt, H., Schaeffer, D., Kakoma, I., Pearl, G., 2001, "Prevalence of selected foodborne pathogens in final rendered products", Kirby Lithographic Company, Inc, Arlington, Estados Unidos, p. 288.
38. Veis, A., 1988, "Phosphoproteins from teeth and bone", John Wiley and Sons Ltd, Chichester, Inglaterra, pp. 161,162,163.
39. Waldroup, P., 1996, "Bioassays remain necessary to estimate phosphorus, calcium bioavailability", Nutrition and Health Magazine, Vol. (68), 13.

**ANEXO I**  
**COMPARACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS PARA CINCO**  
**ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SUBPRODUCTOS CÁRNICOS**

Agente de riesgo	Transformación en harina	Incineración	Acumulación en botaderos de basura	Quema	Entierro
<i>Campylobacter, E. Coli, Listeria, Salmonella, Bacillus anthracis, C. botulinum, Leptospira, Mycobacterium tuberculosis var bovis, Yersinia, Cryptosporidium, Giardia, Clostridium tetani</i>	Muy bajo <sup>a</sup>	Muy bajo	Moderado <sup>a</sup>	Muy bajo	Alto <sup>a</sup>
Priones EEB, scrapie <sup>b</sup>	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado	Alto
Metano, CO <sub>2</sub>	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto
Combustibles, sales metálicas	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Muy bajo
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto	Muy bajo
Dioxinas	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Alto	Muy bajo
Desinfectantes, detergentes	Muy bajo	Muy bajo	Moderado	Moderado	Alto
Radiación	Muy bajo	Moderado	Muy bajo	Moderado	Moderado

a. Muy bajo: mínima exposición de seres humanos al peligro; Moderado: intermedia exposición de seres humanos al

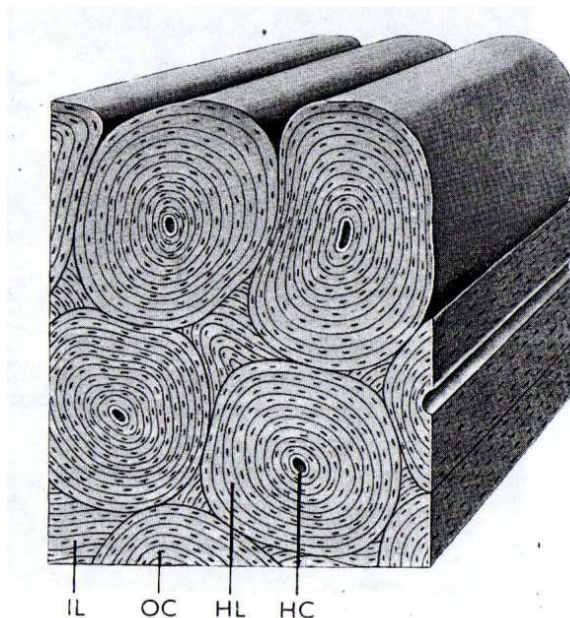
peligro; Alto: máxima exposición de seres humanos al peligro.

b. Scrapie nombre que toma la enfermedad si el contagio tiene origen en ovejas.

(Hamilton *et al.*, 2006)

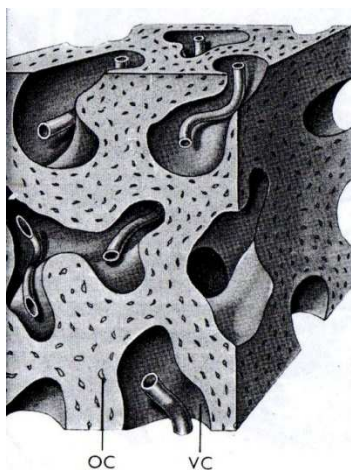
## ANEXO II

### COMPARACIÓN DIFERENCIAL ENTRE HUESO COMPACTO Y HUESO ESPONJOSO



IL. Láminas intersticiales; HL. Canales de Havers; HC. Vasos sanguíneos; OC. Osteocitos.

**Figura 1.** Representación tridimensional de un hueso compacto  
(Hancox, 1972)



VC. canales que contienen médula, vasos sanguíneos y tejido conectivo; OC. Osteocitos.

**Figura 2.** Representación tridimensional de un hueso esponjoso  
(Hancox, 1972)

**ANEXO III**  
**AMINOÁCIDOS PRESENTES EN LAS PROTEÍNAS DE LA SUSTANCIA**  
**FUNDAMENTAL EN HUESOS DE VERTEBRADOS**

Aminoácido	Residuos
Lisina	20
Histidina	19
Arginina	35
Hydroxilisina	-
Hydroxiprolina	-
Acido aspártico	165
Treonina	40
Serina	128
Acido glutámico	237
Prolina	52
Glicina	81
Alanina	80
Cisteína	2
Valina	46
Metionina	2
Isoleucina	14
Leucina	34
Tirosina	20
Fenilalanina	19

(Veis, 1988)

## ANEXO IV

### CONTENIDOS DE PROTEÍNA, CALCIO Y FÓSFORO PARA HARINAS ANIMALES Y VEGETALES

**Tabla 1.** Contenido proteínico de harinas animales y vegetales

Alimento	Proteína	Arg	His	Ile	Leu	Lis	Met	Cis	Fen	Tir	Tre	Trp	Val
Harina de carne	54,40	3,70	1,30	1,60	3,30	3,00	0,80	0,70	1,70	1,80	1,70	0,40	2,00
Harina de carne y hueso	50,40	3,60	1,20	1,40	3,20	2,60	0,70	0,30	1,50	0,80	1,50	0,30	2,30
Harina de pescado	64,20	3,70	1,50	3,00	5,00	5,10	1,90	0,60	2,70	2,20	2,70	0,70	3,40
Harina de pluma	86,40	3,90	0,30	2,70	6,70	1,10	0,40	3,00	2,70	6,30	2,80	0,50	4,60
Harina de sangre	85,00	4,10	5,50	1,00	12,70	8,10	1,50	1,50	7,30	3,00	4,90	1,10	9,10
Gluten de maíz	40,60	1,40	1,00	2,20	7,20	0,80	1,00	0,70	2,90	1,00	1,40	0,20	2,20
Pasta de soya	48,50	3,70	1,30	2,60	3,80	3,20	0,70	0,70	2,10	2,00	1,90	0,70	2,70
Sorgo grano	8,90	0,40	0,30	0,50	1,40	0,20	0,10	0,20	0,40	0,40	0,30	0,10	0,50

(Shimada, 2003)

**Tabla 2.** Cantidad de Calcio y Fósforo en las harinas de carne y hueso con relación a las fuentes vegetales

Ingrediente	Calcio	Fósforo
Harina de carne	8,27	4,10
Harina de carne y hueso	10,10	4,96
Maíz gluten	0,23	0,55
Pasta de soya	0,27	0,62
Sorgo grano	0,03	0,28

(Shimada, 2003)

**ANEXO V**  
**VALORES DE DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN POLLOS PARA FOSFATOS**  
**COMERCIALES Y HARINA DE HUESO**

Fuente	% Calcio	% Fosforo	% Sodio	Disponibilidad <sup>a</sup>	
				Exp1	Exp2
Fosfato mono cálcico A	16,90	23,06	0,28	98,00	-
Fosfato mono cálcico B	16,80	23,15	0,07	89,00	97,00
Fosfato di cálcico hidratado A	25,65	17,93	0,01	99,00	103,00
Fosfato di cálcico hidratado B	27,32	20,48	0,04	90,00	95,00
Fosfato di cálcico anhidro A	29,17	21,38	0,03	86,00	-
Fosfato di cálcico anhidro B	29,73	21,16	0,03	85,00	86,00
Fosfato defluorinado A	31,81	18,50	5,62	96,00	-
Fosfato defluorinado B	31,81	18,11	4,94	96,00	94,00
Fosfato Ca-Mg-Na	9,93	17,34	11,55	101,00	104,00
Fosfato disódico <sup>b</sup>	-	21,26	28,74	100,00	100,00
Harina de carne y hueso	12,09	5,80	-	90,00	-
Fosfato monosódico	-	19,80	14,70	96,00	-
Fosfato Ca-Al-Fe	7,50	14,50	0,60	-	15,00

- a. Basado en el contenido de cenizas, fuerza de rompimiento y contenido de fósforo en la tibia de un pollo de 14 días, valores relativos a un fosfato disódico de referencia.
- b. Muestra de referencia.

(Waldroup, 1996)

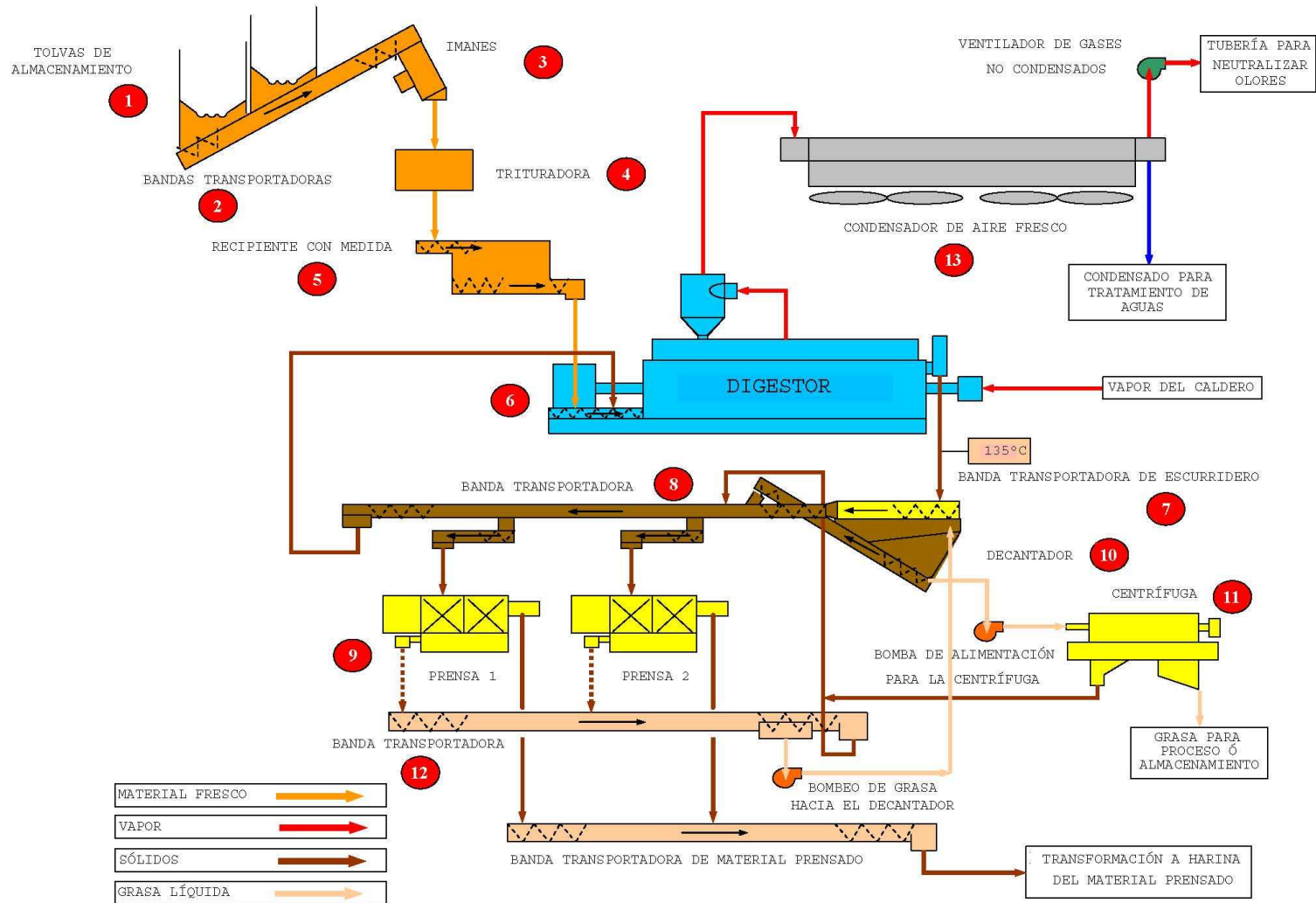
**ANEXO VI**  
**DISPONIBILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE ALGUNAS FUENTES DE CALCIO**  
**EN TERNEROS JÓVENES Y MADUROS**

Fuentes de Calcio	Digestibilidad verdadera		Disponibilidad biológica	
	Maduro %	Joven %	Maduro %	Joven %
Carbonato cálcico	40	51	100	100
Harina de carne y hueso	55	68	138	133
Cloruro cálcico	53	60	132	120
Fosfato di cálcico	50	64	125	126
Fosfato mono cálcico	56	61	140	120
Fosfato di cálcico (A)	49	58	122	114
Fosfato di cálcico (B)	38	56	95	110
Fosfato di cálcico (C)	56	60	140	120
Fosfato di cálcico (D)	51	60	127	120
Fosfato di cálcico (E)	55	58	138	114
Fosfato defluorinado	40	55	100	108
Cal en polvo	37	45	93	88
Heno de alfalfa	31	41	78	80
Heno de lespedeza	36	50	90	98
Heno de orchard	39	51	98	100

(Jarrín y Ávila, 1993)



## ANEXO VII ETAPAS DEL PROCESO CONTÍNUO DE TRANSFORMACIÓN POR VÍA SECA PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CARNE Y HUESO



**ANEXO VIII**  
**ANÁLISIS “IN VITRO” PARA PREDECIR LA CALIDAD DE LAS HARINAS DE**  
**CARNE Y HUESO EN POLLOS**

Análisis	Coefficiente de correlación para predecir la digestibilidad de la lisina	Comentario
Digestibilidad de la pepsina		
0.2% de pepsina	0,25	Procedimiento AOAC
0.02% de pepsina	0,70	
0.002% de pepsina	0,60	
Solubilidad KOH	0,08	Bueno para todas las harinas de semillas oleaginosas
pH multienzimático	0,10	
Para predecir la relación de eficiencia PER		
Ceniza	-0,80	Refleja el equilibrio de los aminoácidos
Proteína cruda	0,69	

(Darling y Hamilton, 1996)

**ANEXO IX**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE UNA MEZCLA**  
**DE HUESOS DE CERDO**

Nutriente	Resultados <sup>a</sup>	Método
Humedad	45,74 ± 0,91	950.46(39.1.02) AOAC 2000(1)
Cenizas	23,41 ± 0,70	920.153(39.1.09); 920.03(32.1.05) AOAC 2000(2)
Grasa cruda	27,33 ± 0,82	960.39(39.1.05) 920.39C(4.5.01); AOAC 2000(3)
Proteína (N*6.25)	16,88 ± 0,34	981.10(39.1.19) AOAC 2000(4)
Fosforo	4,09 ± 0,15	940.26(37.1.18); 948.09(32.1.11); 986.11(32.5.18) AOAC 2000 (5)
Calcio	7,96 ± 0,07	Espectrofotometría de absorción atómica

a. Gramos del nutriente en 100 g de muestra

**ANEXO X**  
**RESULTADOS DE LAS LONGITUDES DE LOS PEDAZOS DE HUESO**  
**DESPUÉS DEL CORTE Y RUPTURA DE CÉLULAS ÓSEAS**

**Tabla 1.** Rangos de tamaño de partícula y frecuencia registrados al final de la reducción de tamaño en una mezcla de huesos de res

Rango de longitudes	Frecuencia	Frecuencia acumulada
2 - 2,50	2,00	4,08%
3 - 3,50	4,00	12,24%
4 - 4,50	16,00	44,90%
5 - 5,50	7,00	59,18%
6 - 6,50	13,00	85,71%
7 - 7,50	3,00	91,84%
8 - 8,50	2,00	95,92%
9 - 9,50	2,00	100,00%

**Tabla 2.** Rangos de tamaño de partícula y frecuencia registrados al final de la ruptura de las células óseas para una mezcla de huesos

Rango de longitud	Frecuencia	Frecuencia acumulada
1 - 1,50	2,00	1,25%
2 - 2,50	24,00	16,25%
3 - 3,50	26,00	32,50%
4 - 4,50	33,00	53,13%
5 - 5,50	25,00	68,75%
6 - 6,50	24,00	83,75%
7 - 7,50	13,00	91,88%
8 - 8,50	5,00	95,00%
9 - 9,50	1,00	95,63%
10 - 10,50	6,00	100,00%

**ANEXO XI**  
**CALCULOS RELACIONADOS A LOS TRIPLICADOS DE MUESTRAS**  
**DE HARINA PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA**  
**CON RESPECTO A LA HUMEDAD**

**Tabla 1.** Humedades y operaciones básicas para cada grupo de muestras

Humedades registradas en el análisis proximal de cada muestra					Operaciones básicas
	Muestras				
	A	B	C	D	
Observación 1	9,40	7,60	8,00	6,70	$N_T=12$ $(\sum X_T)^2/N_T=(94,2)^2/12=739,5$ $\sum X_T=94,20$ $\sum \sum X^2=750,80$ $\Sigma(\sum X)^2/N=750,50$
Observación 2	9,00	7,20	8,30	6,70	
Observación 3	9,30	7,40	8,10	6,50	
N	3,00	3,00	3,00	3,00	
$\sum X$	27,70	22,20	24,40	19,90	
$\sum X^2$	255,90	164,40	198,50	132,00	
$(\sum X)^2/N$	$(27,70)^2/3$	$(22,20)^2/3$	$(24,40)^2/3$	$(19,90)^2/3$	
$\bar{x}$	9,20	7,40	8,10	6,60	

- A. Muestras procedentes del tratamiento a 116 °C por 80 minutos.  
 B. Muestras procedentes del tratamiento a 116 °C por 120 minutos.  
 C. Muestras procedentes del tratamiento a 148 °C por 80 minutos.  
 D. Muestras procedentes del tratamiento a 148 °C por 120 minutos.

**Tabla 2.** Determinación del valor de significancia  $F_0$  para la humedad

Fuente de Variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	$F_0$
Entre tratamientos	$k-1=4-1=3$	$SC_{\text{trat}}^a = \sum(\sum X)^2/N - (\sum X_T)^2/N_T$ $=750,50-739,50=11$	$MC_{\text{trat}}^c = SC_{\text{trat}}/GL$ $=11/3=3,60$	$F_0^e = MC_{\text{trat}}/MC_E$ $=3,60/0,03 = 120$
Dentro de cada tratamiento	$N_T - k = 12-3=9$	$SC_E^b = \sum \sum X^2 - \sum(\sum X)^2/N$ $=750,80-750,50=0,30$	$MC_E^d = SC_E/GL$ $=0,30/9=0,03$	
Total	$N-1=12-1=11$	$SS_T=11,30$		

- a.  $SC_{\text{trat}}$  mide la variación entre tratamientos.  
 b.  $SC_E$  mide la variación dentro de los tratamientos.  
 c.  $MC_{\text{trat}}$  media de los cuadrados entre tratamientos.  
 d.  $MC_E$  media de los cuadrados dentro de los tratamientos.  
 e.  $F_0$  valor obtenido para determinar su significancia con respecto a un valor tabulado.

## ANEXO XII

### CALCULOS RELACIONADOS A LOS TRIPLICADOS DE MUESTRAS DE HARINA PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA CON RESPECTO A LA GRASA

**Tabla 1.** Contenidos de grasa y operaciones básicas para cada grupo de muestras

Porcentajes de grasa registrados en el análisis proximal de cada muestra					Operaciones básicas
	Muestras				
	A	B	C	D	
Observación 1	13,40	15,30	11,00	12,60	$N_T=12$ $(\sum X_T)^2/N_T=(155,70)^2/12=2020$ $\sum X_T=155,70$ $\sum \sum X^2=2050,50$ $\Sigma(\sum X)^2/N=2050$
Observación 2	12,70	15,50	11,00	12,40	
Observación 3	13,20	15,40	11,20	12,00	
N	3,00	3,00	3,00	3,00	
$\sum X$	39,30	46,20	33,20	37,00	
$\sum X^2$	515,10	711,50	367,40	456,50	
$(\sum X)^2 / N$	$(39,30)^2/3$	$(46,20)^2/3$	$(33,20)^2/3$	$(37,00)^2/3$	
$x \square$	13,10	15,40	11,00	12,30	

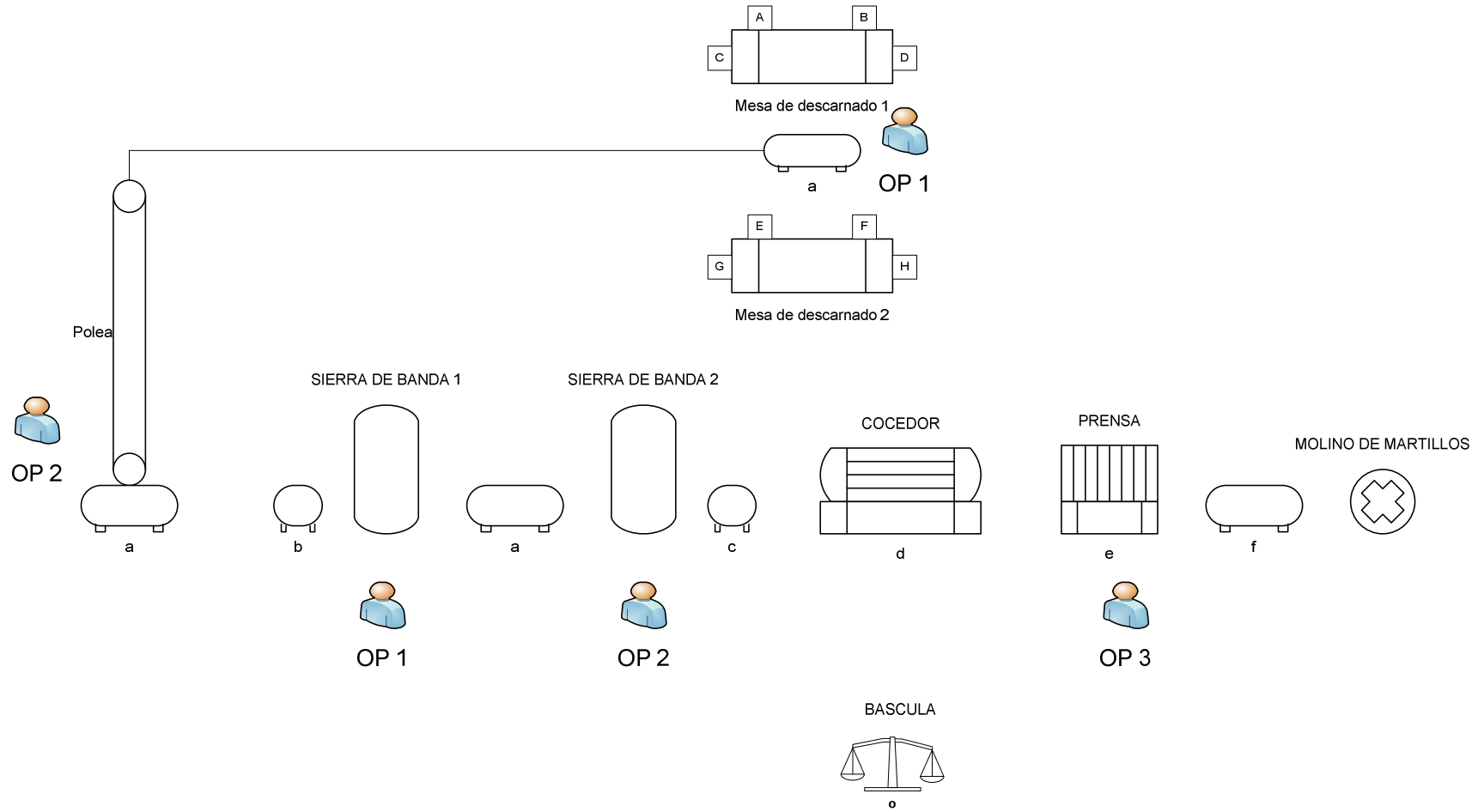
- A. Muestras procedentes del tratamiento a 116 °C por 80 minutos.  
 B. Muestras procedentes del tratamiento a 116 °C por 120 minutos.  
 C. Muestras procedentes del tratamiento a 148 °C por 80 minutos.  
 D. Muestras procedentes del tratamiento a 148 °C por 120 minutos.

**Tabla 2.** Determinación del valor de significancia  $F_0$  para el contenido de grasa

Fuente de Variación	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	$F_0$
Entre tratamientos	$k-1=4-1=3$	$SC_{trat}^a = \sum(\sum X)^2/N - (\sum X_T)^2/N_T$ $=2\ 050-2\ 020=30$	$MC_{trat}^c = SC_{trat}/GL$ $=30/3=10$	$F_0^e = MC_{trat}/MC_E$ $=10/0,06 = 166$
Dentro de cada tratamiento	$N_T-k=12-4=8$	$SC_E^b = \sum \sum X^2 - \sum(\sum X)^2/N =$ $2\ 050,50-2\ 050=0,50$	$MC_E^d = SC_E/GL =$ $0,50/8=0,06$	
Total	$N-1=12-1=11$	$SS_T=30,50$		

- a.  $SC_{trat}$  mide la variación entre tratamientos.  
 b.  $SC_E$  mide la variación dentro de los tratamientos.  
 c.  $MC_{trat}$  media de los cuadrados entre tratamientos.  
 d.  $MC_E$  media de los cuadrados dentro de los tratamientos.  
 e.  $F_0$  valor obtenido para determinar su significancia con respecto a un valor tabulado.

## ANEXO XIII ETAPAS DEL PROCESO A APLICARSE EN LA PLANTA



**ANEXO XIV**  
**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE CADA PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO**

**Tabla 1.** Requerimientos de personal y tiempo para el corte

Actividad	Operadores	Tiempo (min)	Comentarios
Recolección del hueso en la sala de despiece	1	6	Se recogen 60 kg cada 60 minutos.
Transporte hacia el área de procesamiento	1	2	El carro se cuelga en una polea para el descenso.
Preparación de operadores antes del corte	2	7	Operadores visten el equipo de protección, separan impurezas y prenden máquinas.
Corte	2	430	La operación se detiene cada 60 minutos, por espacio de 5 minutos se recibe más material y se eliminan impurezas. Se incluyen los intervalos de 5 minutos y una hora de almuerzo.
Limpieza	2	35	Al final de la jornada, se limpia el área y las bandas en las máquinas.
Total tiempo y operarios utilizados	2	480	

**Tabla 2.** Requerimientos de personal y tiempo para la cocción

Actividad	Operadores	Tiempo (min)	Comentarios
Calentamiento del cocedor y carga del material	1	15	Se calienta el cocedor entre 5 y 10 min y se cargan los huesos.
Cocción	1	350	Se cocinan 90kg por un espacio de 80 minutos. Al final de cada cocción se emplean 20 minutos para descarga, transporte a la prensa y carga de nuevo material al cocedor. El total incluye los intervalos de 20 minutos y 1 hora de almuerzo.
Envase de grasa recogida durante la cocción	1	20	En tanques de plástico.
Limpieza	1	10	Al final de la jornada, se limpia el área y el cocedor.
Total tiempo y operarios utilizados	1	395	



**ANEXO XV**  
**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE CADA PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE HUESO**

**Tabla 1.** Requerimientos de personal y tiempo para el prensado

Actividad	Operadores	Tiempo (min)	Comentarios
Carga de material cocido en la prensa	1	40	Diez minutos de los veinte designados para las operaciones después de la cocción. Se incluyen las cuatro repeticiones.
Prensado 4 repeticiones	1	40	El material se prensa mientras el operador carga mas huesos cortados en el cocedor. Se incluyen las cuatro repeticiones.
Envasado de la grasa recogida después del prensado	1	20	Se recoge la grasa una vez terminadas las cuatro repeticiones.
Limpieza	1	10	Al final de la operación, se limpia el área y la prensa.
Total tiempo y operarios utilizados	1	110	

**Tabla 2.** Requerimientos de personal y tiempo para la molienda

Actividad	Operadores	Tiempo (min)	Comentarios
Descarga de prensa a envase 4 repeticiones	1	40	Diez minutos por repetición.
Molido	1	220	Se incluye tiempo para llevar harina a la bodega y almuerzo.
Limpieza	1	5	No requiere mucha limpieza (menor contenido de grasa).
Total tiempo y operarios utilizados		325	

## ANEXO XVI

### HORARIOS PROPUESTOS PARA PROCESAR 350 kg DE HUESOS FRESCOS

**Tabla 1.** Tiempos y cantidad de material en proceso para el transporte de huesos frescos y corte<sup>a</sup>

Actividad	Tiempo inicial	Tiempo final	Cantidad procesada kg
Transporte <sup>b</sup>	7:00	7:15	60
Corte	7:15	8:15	60
Transporte	8:15	8:20	60
Corte	8:20	9:20	120
Transporte	9:20	9:25	60
Corte	9:25	10:25	180
Transporte	10:25	10:30	60
Corte	10:30	11:30	240
Transporte	11:30	11:35	60
Corte	11:35	12:35	300
Almuerzo y transporte	12:35	13:35	50
Corte	13:35	14:25	350
Limpieza	14:25	15:00	

- a. Los operarios 1 y 2 inician sus actividades a las 7:00am y terminan la jornada a las 3:00 pm.  
 b. Se refiere al transporte de los huesos frescos desde la sala de despiece hacia la sala de corte.

**Tabla 2.** Tiempos y cantidad de material en proceso para la cocción<sup>a,b</sup>

Actividad	Tiempo inicial	Tiempo final	Cantidad procesada kg
Carga <sup>c</sup>	8:45	9:00	90
Cocción	9:00	10:20	90
Descarga a la prensa	10:20	10:30	
Carga	10:30	10:40	90
Cocción	10:40	12:00	180
Descarga a la prensa	12:00	12:10	
Carga	12:10	12:20	90
Cocción y almuerzo	12:20	13:40	270
Descarga a la prensa	13:40	13:50	
Carga	13:50	14:00	80
Cocción	14:00	15:10	350
Recolección de grasa	15:40	16:00	
Limpieza	16:20	16:30	

- a. El operario 3 inicia sus actividades a las 8:45 am y termina la jornada a las 4:30 pm.  
 b. El operario 3 se encarga también del prensado y molido.  
 c. Carga de huesos cortados al cocedor.

## ANEXO XVII

### HORARIOS PROPUESTOS PARA PROCESAR 350 kg DE HUESOS FRESCOS

**Tabla 1.** Tiempos y cantidad de material en proceso para el prensado<sup>a</sup>

Actividad	Tiempo inicial	Tiempo final	Cantidad procesada kg
Carga a la prensa <sup>b</sup>	10:20	10:30	90
Prensado	10:30	10:40	85
Carga a la prensa	12:00	12:10	90
Prensado	12:10	12:20	85
Almuerzo	12:30	13:30	
Carga a la prensa	13:40	13:50	90
Prensado	13:50	14:00	85
Carga a la prensa	15:10	15:20	90
Prensado	15:20	15:30	85
Recolección de grasa	16:00	16:20	
Limpieza	16:30	16:40	

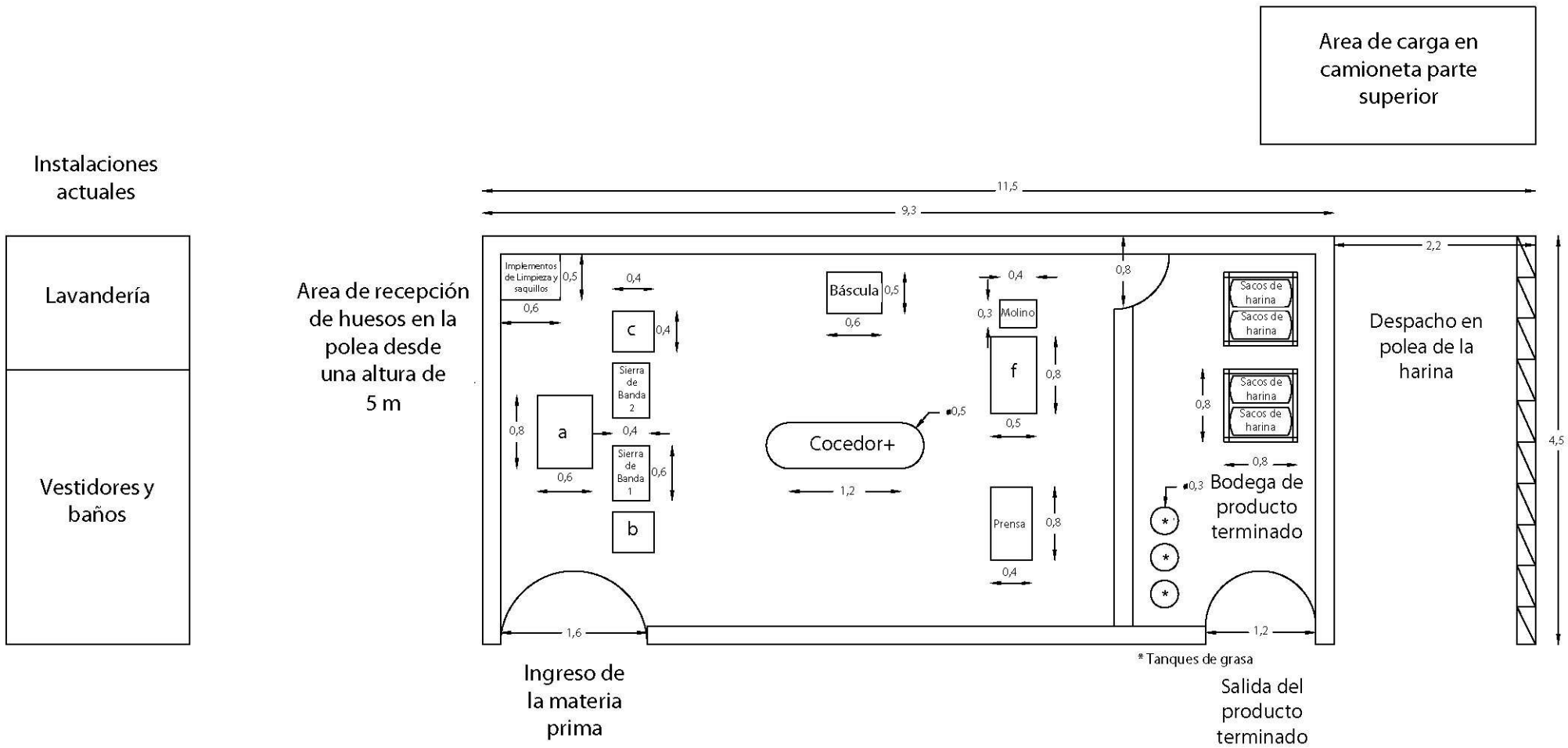
- a. El operario 3 interviene en las operaciones de prensado a lo largo de la jornada.  
 b. Carga de material cocido a la prensa.

**Tabla 2.** Tiempos y cantidad de material en proceso para la molienda<sup>a</sup>

Actividad	Tiempo inicial	Tiempo final	Cantidad procesada kg
Molido del día anterior	9:00	10:20	
Ocupado en prensa y cocedor	10:20	10:40	
Descarga de prensa a carro (g)	10:40	10:50	85
Molido	10:50	12:00	81
Ocupado en prensa y cocedor	12:00	12:20	
Descarga de prensa a carro (g)	12:20	12:30	85
Almuerzo	12:30	13:30	
Molido	13:30	13:40	81
Ocupado en prensa y cocedor	13:40	14:00	
Descarga de prensa a carro (g)	14:00	14:10	85
Molido	14:10	15:10	81
Ocupado en prensa	15:10	15:30	
Descarga de prensa a carro (g)	15:30	15:40	85
Limpieza	16:40	16:45	

- a. El operario 3 interviene en las operaciones de molienda a lo largo de la jornada.

## ANEXO XVIII DIMENSIONAMIENTO DE AREAS EN LA FUTURA PLANTA PROCESADORA DE HARINA DE HUESO



**ANEXO XIX**  
**DETALLE DE LOS RUBROS CONSIDERADOS PARA LA INVERSIÓN FIJA**

Construcciones			
Concepto	Cantidad m <sup>2</sup>	Valor unitario dólares	Total dólares
Fábrica	37	280	10 360
Cerramiento	3	15	45
Subtotal			10 405
Equipos y maquinaria			
Descripción	Cantidad	Precio	Total
Sierra de banda	2	380	760
Cocedor	1	1 700	1 700
Prensa hidráulica	1	432	432
Molino de martillos	1	2 300	2 300
Carro recepción	2	120	240
Carro corte	2	70	140
Recipiente grasa cocedor	1	32	32
Recipiente grasa prensa	1	32	32
Carro molino	1	105	105
Subtotal			5 741
Equipo auxiliar			
Tubería del caldero al cocedor			550
Gastos de instalación			350
Subtotal			900
Otros activos			852
Subtotal inversión fija			17 898
Imprevistos inversión fija 5%			895
Total inversión fija			18 793

**ANEXO XX**  
**DETALLE DEL CAPITAL DE OPERACIÓN<sup>a</sup>**

Materiales directos			
Concepto	Cantidad kg	Valor unitario dólares	Valor Total dólares
Materia prima	84 000	0,15	12 600
Sacos	1 140	0,07	80
Tanques grasa	120	0,40	48
<b>Total materiales directos</b>			<b>12 728</b>
Mano de obra directa			
Concepto	Nº	Sueldo Mensual dólares	Total Anual dólares
Operadores	3	250	9 000
Cargas sociales			28,79
<b>Total mano de obra directa</b>			<b>9 029</b>
Carga fabril			2 160
Gastos de administración			
Personal	Nº	Sueldo Mensual dólares	Total Anual dólares
Gerente General*	1	200	2 400
Técnicos de planta*	3	125	1 500
Jefe de contabilidad*	1	81	972
Contador*	1	38	456
Secretarias*	1	41	492
Suman			5 820
Cargas sociales			19
Suman			5 839
Imprevistos 3%			175
<b>Total gastos de administración</b>			<b>6 014</b>
Gastos de venta			
Gastos de personal	Nº	Sueldo Mensual dólares	Total Anual dólares
Jefe de ventas*	1	81	972
Vendedores*	2	38	456
Suman			1 428
Cargas sociales			5
Suman			1 433
Imprevistos 3%			43
<b>Total gasto de ventas</b>			<b>1 476</b>
<b>Total capital de operación</b>			<b>31 406</b>

- a. Los rubros marcados con \* corresponden a una hora extra al día que emplea el personal administrativo para gestionar las tareas de la nueva planta. Los sueldos mensuales están basados en lo que ganaría cada empleado en un mes por 20 días de trabajo.

**ANEXO XXI**  
**DETALLE DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN Y GASTOS DE FINANCIAMIENTO**

Costos de Producción		
Concepto	Costo anual (USD)	%
Materiales directos	12 727,80	51,50
Mano de obra directa	9 028,80	36,50
Carga fabril		
a) Mano de obra indirecta	674,10	2,70
b) Materiales indirectos	758,50	3,10
c) Depreciación	749,30	3,00
d) Suministros	205,50	0,80
e) Reparación y mantenimiento	407,30	1,60
f) Seguros	66,40	0,30
g) Imprevistos	85,80	0,30
Total	24 703,60	100,00
Interés del préstamo 11% anual (CFN)	3 872,00	