

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA PRODUCCIÓN DE
HARINAS EN CAMPOLLO EN REORGANIZACIÓN S.A.

HEIDY STEPHANIE MAHECHA ANTOLINEZ
SEBASTIAN PINILLA GOMEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2015

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA PRODUCCIÓN DE
HARINAS EN CAMPOLLO EN REORGANIZACIÓN S.A.

HEIDY STEPHANIE MAHECHA ANTOLINEZ
SEBASTIAN PINILLA GOMEZ

Trabajo de grado modalidad práctica empresarial para optar al título de
Ingeniero Químico

Director:
Debora Alcida Nabarlatz,
PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2015

Dedicatoria

Cada sonrisa de felicidad, orgullo y triunfo que invade mi alma es dedicada a cada uno de ustedes que son mi motivación, Luz y guía para cumplir mis sueños.

Iniciare por agradecer a Dios y a mi Madre celestial quienes en cada momento de duda, impaciencia y peligro protegieron mi camino, me abrazaron en su lecho y enviaron los dones del Espíritu Santo quien susurro en mi oído cantos de amor celestial para cumplir este gran sueño. Morando bajo la sombra del Omnipotente (Salmo 91).

A mi mayor bendición y orgullo Mireya Antolinez ella con su inmenso amor de madre lucho en cada segundo por darme su apoyo incondicional en esta etapa que hoy culmina, quien contesto cada llamada que siempre llevaba un sentimiento diferente y en la distancia intento entender la ciencia de la Ingeniería sin darse cuenta de que para mí el sonido de su voz lleno de grandes consejos, amor y espíritu de superación me daba la motivación que necesitaba; por cada vela encendida y cada oración que elevó al cielo. A mi Papá Carlos Peña quien a diferencia de los padres naturales el decidió ser mi padre y aceptarme en su vida, dándole esa confianza y protección que mi hogar necesitaba. Gracias por confiar en mí y regalarme cada segundo de su tiempo, amor y esfuerzo, esto es para ustedes!!!

Araminta Antolinez ella es mi ángel siempre está cuidando de mí y de mi mami, quien junto con mi tío Ernesto Acero me enseñan los secretos de la vida, de cada historia loca que siempre me cuentan y que al final siempre queda ese consejo lleno de sabiduría con el cual enfrento el mundo día a día. Gracias por todo su apoyo, comprensión y amor, esto también es para ustedes.

El pollo, Sebastian Forero eres un ser maravilloso llegaste a mí para darle protección a mi cuerpo y motivación a mi alma. Y es que cuando se está enamorada, la felicidad simplemente incrementa con los días por que el solo ver tu sonrisa y escuchar un Te amo es sentir como mi corazón y mi mente se unen para aferrarse a una ilusión, la cual junto a ti se hace real y de repente le da paso a miles de sueños que solo Dios guiará y de tu mano se harán realidad como este logro que hoy cumpla junto a ti, tu presencia complementa la felicidad que Dios y mi familia me brindan. Gracias, me diste todo de ti cuando mi camino se truncó. Y Solo queda un Te amo, este logro es tuyo también.

A esas personitas que Dios puso en mi camino para que mi paso por la universidad se hiciera una de mis mejores experiencias, La Julia, Mile, Jessi,

Andres, Oscar y Laura gracias por cada comida que preparamos, esos ataques de risa que quedaban de los traspasos en los trabajos, por cada canción cantada y cada abrazo de apoyo que como niños nos dimos en los días que los problemas lejos de casa se hacían más grandes. Gracias ☺

Heidy Stephanie Mahecha Antolinez

DEDICATORIA

En mi corazón sólo hay sentimientos de gratitud hacia todas y cada una de las personas que se involucraron en este proceso de aprendizaje y a la fuerza omnipotente, omnipresente y omnisciente que nos ilumina.

Agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado; a mi papá, mamá y hermano; a mi núcleo familiar los cuales fueron parte vital para alcanzar este logro tan importante.

A mis amigos, compañeros, profesores, etc. que me brindaron las herramientas necesarias útiles para completar este largo camino y que lo seguirán siendo para el resto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Química por acogernos en esta etapa y ser nuestro segundo hogar en estos últimos años.

A la Dra. Debora Nabarlatz por regalarnos un poco de su amplio conocimiento guiándonos en cada una de las etapas de nuestra práctica empresarial.

A CAMPOLLO S.A por prestarnos sus instalaciones, a Gladys Vargas, Juan Monsalve y el departamento de gestión ambiental por la colaboración recibida.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Descripción de Campollo	20
2.2.2 Características del huevo	21
2.2.3 Carga microbiológica de la cáscara de huevo	22
2.2.4 Fundamentos de la Harina de Cáscara de Huevo	23
2.2.5 Otros usos del residuo cáscara de huevo	23
2.3 MARCO LEGAL	24
3. METODOLOGÍA	25
3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS	25
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	26
3.3 DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO	26
3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO	27
4. RESULTADOS	28
4.1 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE HUEVO	28
4.1.1 Recopilación de los datos	28
4.1.2 Caracterización de la cáscara de huevo	29
4.1.3 Descripción detallada del proceso	29
4.1.4 Descripción de los equipos y diagrama PFD	32
4.1.5 Balances de masa y energía	33

4.1.6	Requerimiento de servicios industriales	34
4.1.7	Distribución del proceso	35
4.2	ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE HUEVO	36
4.2.1	Inversión	36
4.2.2	Costos de operación	36
4.2.3	Evaluación económica	36
5.	CONCLUSIONES	39
6.	RECOMENDACIONES	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
	BIBLIOGRAFÍA	46
	ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Calidad microbiológica de harina de subproductos avícolas.	22
Tabla 2. Datos de generación de cáscara de huevo en la planta de incubación de Campollo.	28
Tabla 3. Datos de consumo y costos de la roca caliza (CaCO_3)	28
Tabla 4. Balance de Masa	34
Tabla 5. Balance de energía	34
Tabla 6. Inversión Total.	36
Tabla 7. Costos de operación.	36
Tabla 8. Comportamiento de la inflación	36

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama propuesto para la producción de Harina de Cáscara de Huevo	30
Figura 2. Proceso térmico en <i>Cooker</i> o digestor para harinas mixtas	31
Figura 3. Diagrama PFD de la producción de Harina de Cáscara de Huevo	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Principales enfermedades infecciosas avícolas.	50
Anexo B. Usos de la cáscara de huevo	53
Anexo C. Ficha técnica de la roca caliza	55
Anexo D. Metodología desarrollada en la caracterización de la cáscara de huevo	56
Anexo E. Datos específicos de la cáscara de huevo como materia prima	60
Anexo F. Caracterización de la cáscara de huevo	61
Anexo G. Descripción de los equipos	63
Anexo H. Balances de masa y energía	67
Anexo I. Macrolocalización del proceso	71
Anexo J. Microlocalización del proceso	74
Anexo K. Calculo de la inversión	76
Anexo L. Costos de la producción de Harina de Cáscara de Huevo	80
Anexo M. Matriz financiera para la producción de Harina de Cáscara de Huevo	82

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE HUEVO EN LA PRODUCCIÓN DE HARINAS EN CAMPOLLO EN REORGANIZACIÓN S.A.*

AUTORES: HEIDY STEPHANIE MAHECHA ANTOLINEZ**
SEBASTIAN PINILLA GOMEZ**

PALABRAS CLAVE: Cáscara de huevo, calcio, subproductos avícolas, concentrado para aves

CONTENIDO:

El principal objetivo de este proyecto es encontrar una solución ambientalmente segura y económicamente viable al subproducto cáscara de huevo generado en la incubación de pollos en la industria avícola, más específicamente en la empresa CAMPOLLO en reorganización S.A.

Para ello, se propone un proceso en el cual se pueda utilizar la cáscara de huevo como suplemento de calcio, reemplazando la roca caliza utilizada como insumo en el alimento para pollos de engorde y gallinas ponedoras. Se realiza la caracterización de dicho subproducto y la recopilación de las cantidades utilizadas de cáscara de huevo generada (considerada un desecho para la empresa) y roca caliza. Aprovechando que CAMPOLLO en reorganización S.A. cuenta con los procesos de incubación, nacimiento, harinas, y concentrados, entre otros, el proceso consta de la producción de Harina de Cáscara de Huevo acoplado a la Planta de Harinas que posee la empresa. El proceso propuesto se somete a un estudio técnico donde se evalúan los tiempos de proceso, flujos, ubicación y adecuación del proceso de harinas ya existente. Por otro lado, se realiza un estudio económico verificando su viabilidad, así como, el posible ahorro en la compra de roca caliza y disposición de la cáscara de huevo.

Los resultados obtenidos en el estudio técnico- económico realizado, muestran la viabilidad ambiental y económica de este proyecto, debido a que elimina el problema ambiental que genera la disposición del residuo cáscara de huevo y muestra un proceso con un panorama favorable económicamente.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Dra. Debora A. Nabarlatz.

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL-ECONOMICAL FEASIBILITY STUDY FOR THE USE OF EGGSHELL IN THE MEAL PRODUCTION IN CAMPOLLO EN REORGANIZACIÓN S.A.*

AUTHOR: HEIDY STEPHANIE MAHECHA ANTOLINEZ**
SEBASTIAN PINILLA GOMEZ**

KEYWORDS: Eggshell, calcium, poultry by-products, eggshell meal.

DESCRIPTION: The objective of this project is to find an environmentally safe and economically viable solution for the eggshell by-product generated during the chicken incubation in the poultry industry, specifically in the company CAMPOLLO en reorganización S.A.

To this purpose, a process which uses eggshell as a calcium supplement is proposed, replacing the limestone used for the preparation of concentrated meal for feeding broilers and laying hens. The characterization of the amount and composition of eggshell waste, as well as the amounts of limestone were done. The process consists in producing eggshell meal coupled to the Meal Plant owned by CAMPOLLO en reorganización S.A. because it already has the processes of hatchery, meals and feed production, among others. The process proposed here was subjected to a technical study evaluating efficiencies, mass flow, process times and produced amounts. Besides, it was performed an economic study highlighting the feasibility of the process and the potential savings in the purchase of limestone and the disposal of the eggshell waste.

The results obtained in the technical-economic evaluation showed that the process is economically and environmentally viable because it eliminates the environmental impact generated by the eggshell waste, showing a favorable economy of the process.

*Degree Work.

**Physical-Chemical Engineering Faculty. Chemical Engineering School. Director: Dra. Debora A. Nabarlatz.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Santander es uno de los principales productores avícolas en el país, contando con gran capacidad y avances tecnológicos asociados al desarrollo productivo y económico de la región y el territorio nacional, ubicándose en segundo lugar tanto en la producción de pollo como de huevo en los últimos años [1]. El sector avícola actualmente genera un impacto ambiental en el manejo de los subproductos, debido a que constituyen elementos, compuestos y vectores de insectos, parásitos y organismos patógenos. El manejo de estos subproductos se centra en asuntos relacionados con la calidad del suelo, el agua y el aire; afectando la degradación de las aguas superficiales y subterráneas. Así mismo, la calidad del aire se ve afectada por las emisiones de amoníaco, sulfito de hidrogeno, compuestos orgánicos volátiles y polvo. [2].

En este sentido, la empresa CAMPOLLO en reorganización S.A. (en adelante denominada Campollo), busca mejorar sus procesos mediante la implementación de las buenas prácticas ambientales en su planta de incubación ubicada en el sector de Bahondo del municipio de Girón, con respecto al manejo del residuo sólido orgánico cáscara de huevo. Esto se debe a que en dicha planta de incubación se presentan falencias en el tratamiento o disposición final de las cáscaras o cascarillas de huevo de los pollos nacidos, las cuales actualmente se están almacenando y vendiendo para ser usadas en compostaje; durante el tiempo de almacenamiento se observa que ha aumentado la proliferación de vectores biológicos y olores ofensivos afectando la salubridad en el proceso de incubación, así como un impacto ambientalmente negativo en las comunidades vecinas.

Para mejorar el manejo integral del residuo cáscara de huevo en la planta de incubación de Campollo se propone constituir un proceso para la producción de Carbonato de Calcio (Harina de Cáscara de Huevo) como fuente de calcio, la cual

puede ser incluida en la formulación del alimento para pollos que se consume en su propia planta de harinas. Esto tendrá un impacto ambiental y económico benéfico generado por el aprovechamiento del residuo cáscara de huevo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una alternativa de aprovechamiento para el residuo cáscara de huevo generado en el proceso de nacimiento en la planta de incubación y su posible implementación como sustituto de Carbonato de Calcio en el concentrado para pollos en la planta de harinas en la empresa Campollo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo del residuo cáscara de huevo proveniente de la planta de incubación y su posible implementación como suplemento de Carbonato de Calcio en la empresa Campollo.
- Proponer el proceso de tratamiento para la obtención del Carbonato de Calcio a partir de la cáscara de huevo.
- Evaluar el impacto económico de la cáscara de huevo como nueva alternativa de suplemento de Carbonato de Calcio en el concentrado usado en Campollo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO TEÓRICO

El sector avícola presentó en el campo de producción de pollo un promedio de 11'132.426,5 toneladas al año en los últimos cuatro años y de 534.885 toneladas desde enero hasta mayo de 2.014. La producción de huevo presenta un alza en los últimos años con una producción promedio de 632.171 toneladas al año, ubicando al sector avícola como uno con las mejores proyecciones en el país [3].

2.1.1 Descripción de Campollo. La empresa Campollo es una de las empresas más importantes del sector avícola en Colombia, la cual está especializada en la producción, procesamiento y distribución de pollos, huevos, carnes frías y harinas de subproductos del pollo.

Esta compañía nace en 1.994 en el departamento de Santander; actualmente la empresa cuenta con más de 2.300 empleados y está enfocada en el proceso de producción de pollo desde su incubación hasta su beneficio, incluyendo los procesos de aprovechamiento de los residuos generados, es decir, cuenta con la etapa de nacimiento, incubación, engorde, beneficio, producción de harinas y concentrado y producción de carnes frías. Este proceso se inicia en las granjas reproductoras donde se produce el huevo fértil que posteriormente es llevado a la planta de incubación. En este lugar los huevos son incubados hasta que los pollos nacen y son enviados a las granjas de crianza y engorde; para ser enviados a la planta de beneficio en la cual se realiza el sacrificio con capacidad de 120.000 aves/día. Asimismo, cuenta con una planta de harinas donde se procesan los subproductos del beneficio de las aves, una planta donde se elabora el concentrado para autoconsumo, y una planta de carnes frías. Toda esta cadena

productiva se encuentra ubicada en diferentes regiones y municipios del departamento de Santander.

En este sentido, para cerrar el ciclo de la reutilización total de los residuos generados se contempla el uso de la cáscara de huevo como un suplemento de calcio y así reemplazar parcial o totalmente este insumo utilizado en la producción de concentrado para pollos. Esto permitiría tanto disminuir los gastos adicionales generados por su disposición, así como solucionar el problema de impacto ambiental que se está presentando.

2.2.2 Características del huevo. El huevo representa uno de los mayores alimentos de consumo humano, caracterizándose por su alta densidad nutritiva, ya que aporta proteína, vitamina A, D, B12, ácido fólico, colina, fósforo, etc., los cuales son componentes esenciales en la dieta diaria. Además presenta una excelente relación calidad-precio y es un ingrediente básico y versátil a nivel culinario [3]. El huevo es un alimento conformado por tres partes principales: cáscara, clara y yema. Luego del proceso de nacimiento, la cáscara de huevo (la cual constituye entre el 9 y el 12 % del peso total del huevo) se presenta como un residuo sólido contaminante por su gran cantidad de carga biológica presente en sus dos principales componentes: la cáscara externa y la membrana interna. La composición en peso de la cáscara es de 94% carbonato de calcio (CaCO_3), 1% carbonato de magnesio (MgCO_3), 1% de fosfato de calcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) y 4% carga orgánica [4], de la cual el 69,2% es proteína, 2,7% grasa, 1,5% humedad y 27,2% ceniza [5].

De acuerdo a estos datos, el residuo cáscara de huevo (constituido por huevos no fecundados, pollos no nacidos y cáscara de huevo) proveniente del proceso avícola de incubación y nacimiento de pollos a nivel industrial representa una fuente importante de calcio en forma de Carbonato de Calcio el cual puede ser aprovechado como insumo para otros procesos.

2.2.3 Carga microbiológica de la cáscara de huevo. Dentro de los principales problemas del manejo de la cáscara de huevo para la implementación de sus componentes en la dieta diaria del alimento avícola, se encuentra la carga biológica, la cual tiene implicaciones directas en las enfermedades del sector avícola, resaltando agentes infecciosos como virus, bacterias y hongos. De acuerdo con las investigaciones realizadas por el INVIMA en relación con la inocuidad de la cadena avícola [6], el microorganismo *Salmonella spp.* es el principal patógeno que se debe eliminar, entre otras enfermedades infecciosas como:

- Enfermedad de Newcastle.
- Enfermedad de Gumboro.
- Influenza aviar.

Las características generales de las enfermedades anteriormente nombradas se encuentran de manera detallada en el Anexo A.

Luego de pasar por un proceso de cocción y esterilización, se realiza la caracterización de calidad en las harinas provenientes de los subproductos avícolas mixtos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Calidad microbiológica de harina de subproductos avícolas.

CALIDAD MICROBIOLÓGICA	
Parámetro	Resultado
Mesófilos	< 1000000
Coliformes totales	< 10000
<i>Clostridium</i>	< 200
Hongos	< 100000
<i>Salmonella</i>	Negativo
<i>E. coli</i>	Negativo

Fuente: Estudio de digestibilidad en harina de pluma y sangre para Distraves S.A [7].

Dicha caracterización evaluó la carga microbiológica de los agentes infecciosos como virus, bacterias y hongos, entre otros, con temperaturas de 120°C y una presión de 50 Psi [7].

2.2.4 Fundamentos de la Harina de Cáscara de Huevo. Se han realizado diferentes estudios para comprobar la eficacia y viabilidad de la reutilización de la cáscara de huevo como suplemento de calcio en el alimento en la industria avícola. *S.E. Alu. (2013)* comprueba que se puede reemplazar hasta el 100% de la ceniza de huesos usada en el alimento para los pollos de engorde con cáscara de huevo sin causar adversidades en los parámetros hematológicos, características bioquímicas del suero y la digestibilidad de nutrientes [8]. Por otro lado, *Gongruttananun (2011)* propone la esterilización del residuo y su uso como fuente de calcio en las gallinas ponedoras sin afectar la producción de huevo, incubación, calidad de nacimiento [9]. *La Sociedad Egipcia de Ciencias de Radiación y Aplicaciones (2008)* concluye que al utilizar la cáscara de huevo como fuente de calcio se puede reemplazar parcial o totalmente la roca caliza en las ganallas ponedoras siendo seguro y eficiente en sus condiciones fisiológicas de sangre y huesos [10]. Asimismo, *Scheideler (1998)* concluye que el producto cáscara de huevo es muy similar a la roca caliza en sus efectos en calidad de la cáscara del huevo [11].

Por otro lado, *Ockerman y Hansen (2000)* resaltan el aprovechamiento del residuo cáscara de huevo como alimento animal en el sector avícola destacando que el proceso de harina de cáscara de huevo es corrosivo [12].

2.2.5 Otros usos del residuo cáscara de huevo. Debido a la gran producción mundial del sector avícola, se generan millones de toneladas de residuos, entre los que se encuentra la cáscara de huevo. En este sentido, para mitigar el problema ambiental se ha buscado soluciones transformando estos residuos en

nuevas oportunidades de negocio, dándoles nuevas formas de aprovechamiento (Ver anexo B):

- Agente inmovilizador y adsorbente de metales pesados tales como Cromo y Cobre en aguas residuales.
- Agente catalizador en la producción de biodiesel.
- Agente catalizador en la síntesis del carbonato de Dimetilo.

2.3 MARCO LEGAL

De acuerdo a la normatividad vigente en Colombia, las plantas avícolas que no estén tratando los residuos sólidos (cáscara de huevo), se encuentran violando las siguientes disposiciones aprobadas por el Gobierno Nacional:

- La Ley 9 de 1979, expedida por el Ministerio de Salud, por la cual se fija la Ley Nacional Sanitaria [13].
- Debido a las determinaciones tomadas en la Resolución 368 de 2014 del Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible se reglamenta la Recuperación ambiental del relleno sanitario Carrasco restringiendo la celda usada para la disposición final de los residuos orgánicos [14] por tanto, se debe dar una alternativa de tratamiento para el residuo cáscara de huevo, el cual se regula por la normatividad de los productores de alimentos para animales con destino de Autoconsumo y los requisitos establecidos para el registro de productores de harinas de origen animal. Resoluciones: 1698 del 2000 [15] y 2028 de 2002 del ICA la cual en su Artículo 7 requiere equipos que garanticen condiciones máximas de 133 °C, 3 Bar con un tiempo de residencia de 20 minutos [16].

3. METODOLOGÍA

3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

La recopilación de los datos necesarios para desarrollar el análisis técnico y económico es fundamental para incorporar la cáscara de huevo procesada en la fórmula del alimento avícola. Esta recopilación se divide en dos etapas:

- 1) Datos de la cáscara de huevo generada: En la planta de incubación de Campollo se destinan los días lunes, martes, jueves y viernes para el proceso de nacimiento de pollos, donde se genera cáscara de huevo de pollos nacidos, huevos bomba que corresponde a los huevos fecundados con pollos no nacidos, y huevos claros que se definen como los huevos fecundados no incubados. Para este proyecto sólo se tomará el dato de la cáscara de huevo de pollos nacidos debido a que los otros residuos ya tienen un fin establecido el cual es económicamente rentable.

La cantidad de cáscara de huevo generada varía según la tasa de natalidad y mortalidad del pollo; por lo tanto, se maneja un promedio de cantidad de cáscara de huevo, la cual actualmente se vende a un recolector informal. Esta persona le da disposición final al residuo destinándolo como compostaje para sus fincas en Sabana de Torres Santander, pero actualmente se están presentando inconvenientes con la capacidad de la finca debido a que está alcanzando su tope de recepción de dicho residuo.

- 2) Datos del Carbonato de Calcio: La fuente de CaCO_3 utilizado como suplemento de calcio para producir el alimento del pollo en sus diferentes etapas de engorde y de gallina de postura es la roca caliza comprada a la empresa Calizas de Colombia Ltda. (Ficha técnica Anexo C). Los datos de consumo de

Carbonato de Calcio en cantidad y de alimento producido son establecidos por las necesidades de la empresa y son producto del promedio de valores utilizados diariamente; el precio de CaCO_3 depende de las variaciones del mercado de roca caliza.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización de la cáscara de huevo se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la empresa Campollo, para lo cual se realizaron las siguientes pruebas para determinar sus propiedades y componentes más importantes. La metodología utilizada para cada uno de los análisis presentados se detalla en el Anexo D:

- Humedad
- Proteína
- Ceniza
- Calcio
- Fósforo

3.3 DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO

El proceso de tratamiento de la cáscara de huevo para su posterior aprovechamiento en la dieta diaria del alimento avícola que se propone en este proyecto, está basado en los procesos que se realizan con otros subproductos del sector, los cuales se llevan a cabo en una planta de producción de harinas. Para el caso específico de este proyecto, se tomó el proceso productivo de la planta de harinas de Campollo, donde se realiza la producción de harina de pluma-sangre y

harina de vísceras. En dichos procesos se realizó un estudio técnico en el que se propone incluir una serie de etapas para la producción de harina de cascara de huevo teniendo en cuenta las características propias del subproducto, las cuales tienen como prioridad la estabilidad de la carga microbiológica que contienen los desechos avícolas y el tamaño de grano para la incorporación de la cáscara de huevo como suplemento de calcio alimenticio en la planta de concentrados, para así suplir las necesidades en las propias granjas de Campollo.

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO

Finalmente se realiza un estudio económico donde se analiza la factibilidad de la implementación de este proceso, con el fin de evaluar su posible ejecución y la solución del problema ambiental que presenta la cáscara de huevo beneficiando en gran medida a CAMPOLLO. Para obtener los resultados de la implantación del proceso se debe calcular la inversión, costos e ingresos con un precio sujeto a los gastos calculados, generando así un flujo de caja que permite verificar los indicadores de impacto económico VPN y TIR.

4. RESULTADOS

4.1 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE HUEVO

4.1.1 Recopilación de los datos. Los datos obtenidos de la cantidad de cascara de huevo generada en la planta de incubación se ilustran en la Tabla 2. La recolección se realiza tres veces semanalmente; por lo tanto el costo de su transporte suma un total de 43'200.000 COP al año. Ver Anexo E.

Tabla 2. Datos de generación de cáscara de huevo en la planta de incubación de Campollo.

PARÁMETRO	DATO	UNIDAD
Días de nacimiento	16	Días/ mes
Promedio peso de bulto	24	Kg
Promedio de bultos generados	46	Bultos/día
Promedio de cáscara generada	1.104	Kg/día.
Promedio Cáscara generada	17.664	Kg/ mes
Traslado de la cáscara al sitio de disposición final	300.000	\$/Viaje

Fuente: Planta de Incubación Campollo.

Por otro lado, los datos relativos a la cantidad, precio y consumo de carbonato de calcio de encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos de consumo y costos de la roca caliza (CaCO_3)

Parámetro	Cantidad	Unidad
Consumo de CaCO_3	30	Ton/semana
Consumo de CaCO_3	106	COP/kilo
Alimento producido	9.000	Ton/mes

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad Campollo.

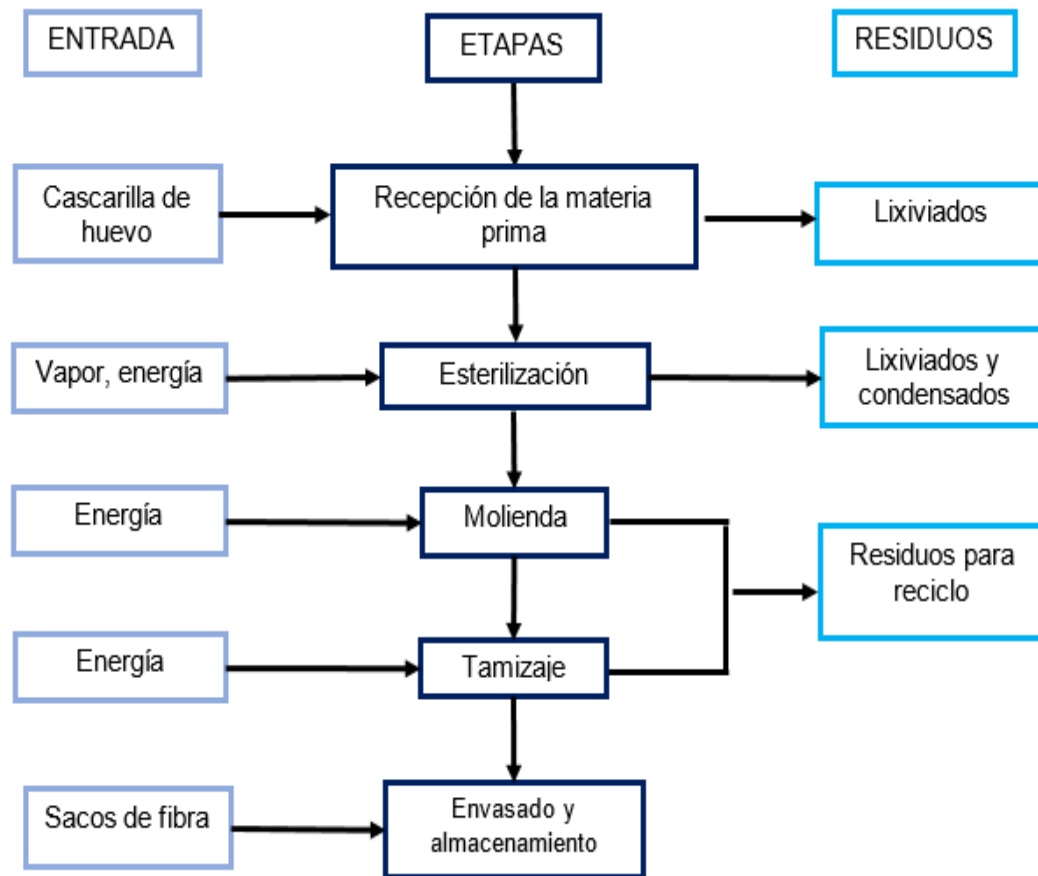
Por lo tanto, el consumo de CaCO_3 le cuesta a Campollo 152'640.000,00 COP al año. Ver Datos específicos de la cáscara de huevo como materia prima Anexo E.

4.1.2 Caracterización de la cáscara de huevo. Para todas las pruebas se realizó un macerado previo de 15 g de muestra. El reporte de resultados se encuentra en el Anexo F, y se muestran los siguientes indicadores: Humedad 1,10%, Proteína 6,11%, Ceniza 91,94%, Calcio 24,85% y Fósforo 0,69%. De esta forma se ilustra que efectivamente la cáscara de huevo contiene calcio puro al 25%, el cual puede ser usado como insumo dentro de la dieta alimenticia del sector avícola, debido a que podría reemplazar la piedra caliza la cual contiene Carbonato de Calcio al 96,01% en peso (lo que significa un 40% de calcio puro). Adicionalmente, se proporciona una carga proteica del 6,11%, lo cual beneficia las propiedades de la harina de cáscara de huevo, ya que dentro de la tabla nutricional de concentrado se encuentra la carga proteica, fundamental para la alimentación avícola.

4.1.3 Descripción detallada del proceso. Para la elaboración de este proyecto de producción de suplemento de calcio a partir de Cáscara de Huevo se consideró que dicho proceso fácilmente se puede acoplar a la planta de harinas ya existente de Campollo. Para ello se tomó en cuenta el proceso productivo de la planta de harinas, la cual consta de cinco etapas tal como se muestra en la Figura 1.

El proceso de producción de suplemento de calcio se realizará por lotes ya que permite verificar y certificar la calidad del producto en cada etapa. En este sentido, la implementación de este proceso se hace acorde a las operaciones que ya se llevan a cabo en la planta de harinas, debido a que los servicios industriales y los equipos utilizados pertenecen a la línea del proceso, además de que los equipos utilizados sirven para realizar múltiples operaciones y pueden ser fácilmente modificados para manufacturar diferentes productos usándose esencialmente los mismos [17].

Figura 1. Diagrama propuesto para la producción de Harina de Cáscara de Huevo



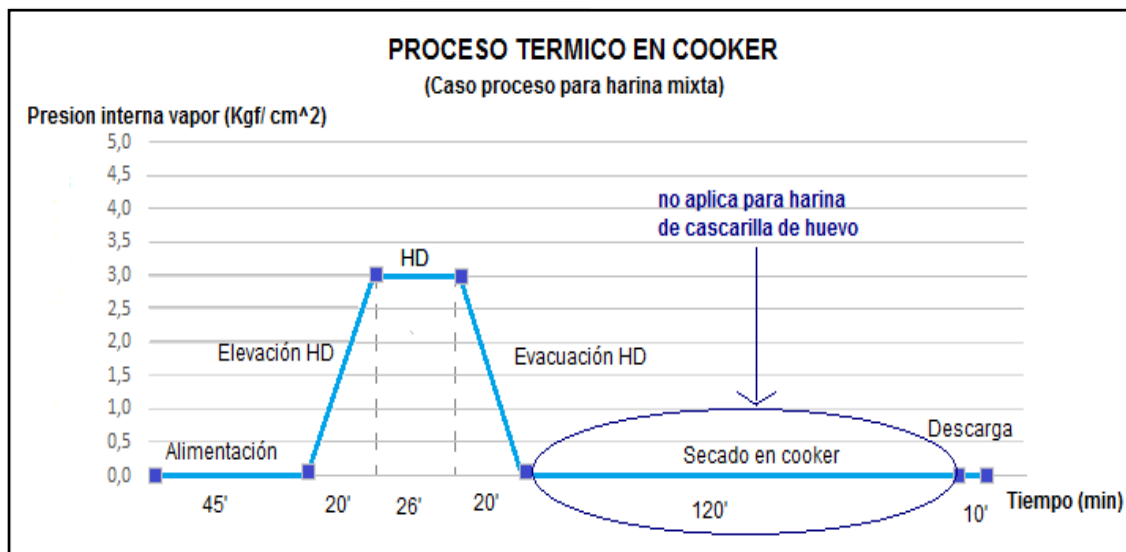
Fuente: Autores

El detalle de las etapas del proceso es el siguiente:

- 1. Recepción de la materia prima:** la cáscara de huevo se transporta desde la planta de incubación hacia la planta de harinas, mediante transporte terrestre en sacos de fibra. Una vez que ingresa a la planta, los sacos son llevados en carretilla hacia el nivel donde se encuentra el digestor; para ser procesadas en el menor tiempo posible y de esta forma evitar que se deteriore su calidad organoléptica y aumente significativamente su carga microbiológica.

2. Esterilización: la carga del digestor se completa de modo manual hasta alcanzar la capacidad de 2.000 Litros en volumen (que equivalen a 1.100 Kg). Las condiciones de temperatura y presión son dependientes de la carga microbiológica que trae la cáscara, De acuerdo a la literatura, los agentes infecciosos presentes en los subproductos avícolas deben llegar a condiciones máximas de temperatura y presión de 120°C y 50Psi para lograr una esterilización óptima. En referencia al tiempo de residencia de la cáscara de huevo, se tomó como base el proceso térmico del digestor, donde el tiempo ideal para la esterilización de la cáscara de huevo es de 2 horas, debido a que esta no cuenta con altos porcentajes de humedad, eliminando el tiempo de secado y por tanto, el tiempo del proceso disminuye notablemente como se ilustra en la Figura 2 [18].

Figura 2. Proceso térmico en Cooker o digestor para harinas mixtas.



Fuente: Informe de prácticas pre profesionales en la planta procesadora de harinas proteicas unidad Chilca (North Pacific S.A.C.) [18].

3. Molienda: Esta etapa consiste en determinar la granulometría final de la harina. Para ello la cáscara esterilizada se lleva hacia un molino de martillos donde es pulverizada hasta lograr un tamaño de partícula de 5 mm [19].

4. Tamizaje: Luego este material se pasa por una criba, la cual se encuentra ubicada en la boca del molino; donde se recirculan las partículas de mayor tamaño quedando un producto uniforme, es decir, de un único tamaño de partícula.

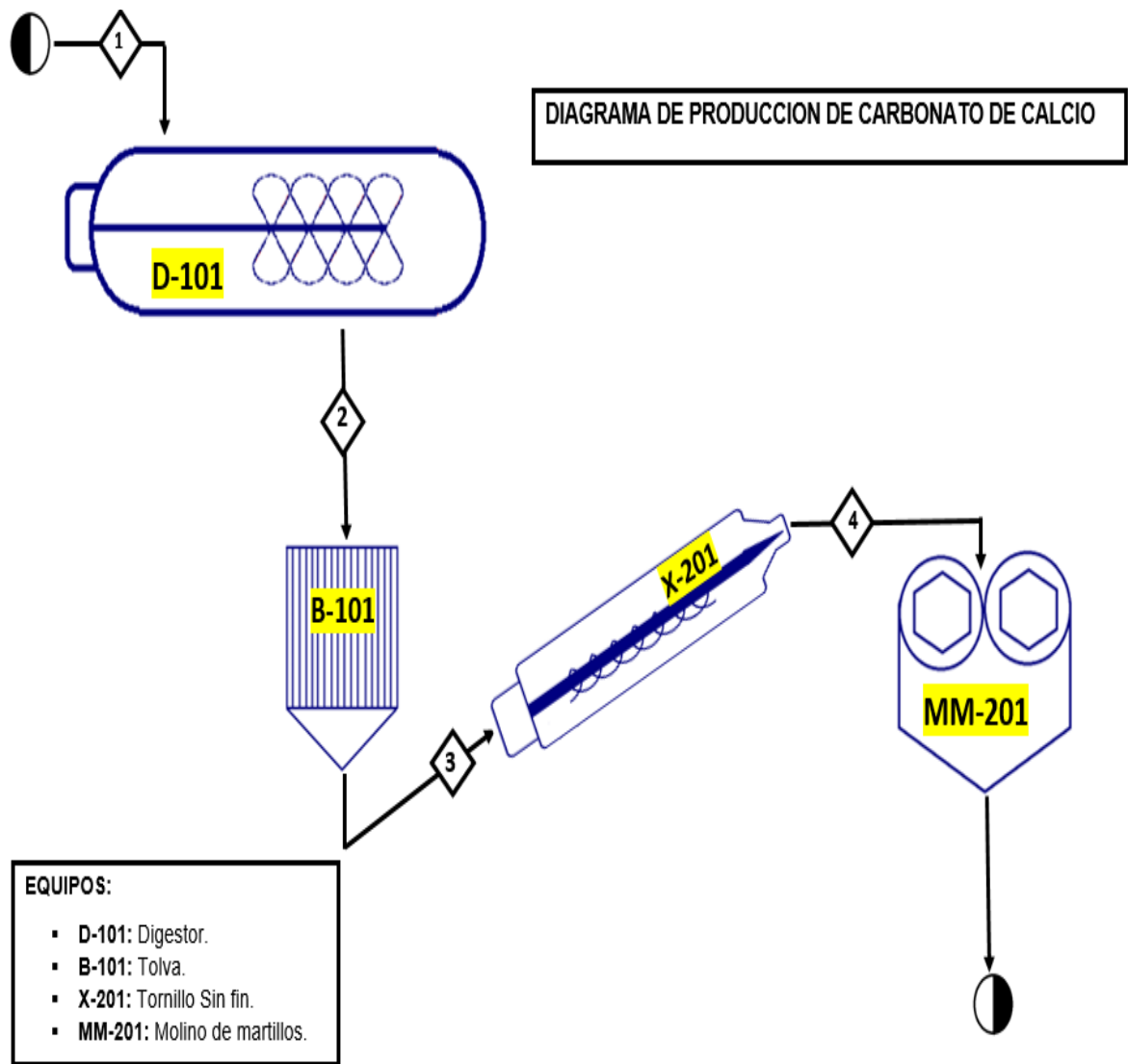
5. Envasado y almacenamiento: la harina de cáscara de huevo será envasada en sacos de fibra con una capacidad de 40 Kg. Los sacos que contienen el producto terminado se rotulan y se almacenan en una zona destinada y acondicionada para tal fin.

4.1.4 Descripción de los equipos y diagrama PFD. Para la producción de harina de cáscara de huevo se debe implementar un digestor con un grosor de camisa mayor a la de los digestores que hacen parte de la planta de harinas, debido a la propiedad abrasiva de la cáscara. Dicha propiedad aumentaría los costos por mantenimiento y disminuiría la vida útil del equipo. Por otro lado, se hace necesaria la ubicación de una tolva-tornillo sin fin para aprovechar los tiempos muertos del proceso y hacer uso del molino de martillos con su respectiva tolva de empaque, como se observa en la Figura 3.

De acuerdo a las etapas descritas anteriormente, los equipos necesarios para la obtención de Carbonato de Calcio (CaCO_3) a partir del subproducto avícola cáscara de huevo son (ver Anexo G):

- *Cooker* o digestor.
- Tolva con tornillo Sin fin.
- Molino de martillos.
- Tolva empacadora

Figura 3. Diagrama PFD de la producción de Harina de Cáscara de Huevo.



Fuente: Autores

4.1.5 Balances de masa y energía. El proceso se realizará con una capacidad del digestor de 1.100 Kg/Lote, cuatro días a la semana dicho residuo debe ser procesado en el menor tiempo posible para evitar olores ofensivos, la proliferación de vectores y la contaminación cruzada, con una capacidad anual del proceso aproximada de 211.968 Kg. Ver Anexo H.

- **Balance de Masa.**

Tabla 4. Balance de Masa

Equipos	Masa de entrada (Kg)	Masa de salida (Kg)
Digestor	1.100	990
Tolva con tornillo Sinfín	990	990
Molino de martillos	990	841,5

Fuente: Autores.

- **Balance de Energía.**

Tabla 5. Balance de energía

Equipos	Consumo Energético (Kwh)
Digestor	22,37
Tolva con tornillo Sinfín	0,30
Molino de martillos	5,22

Fuente: Autores.

4.1.6 Requerimiento de servicios industriales

- **Energía eléctrica:** La red eléctrica al interior de la planta de harinas consta de dos sistemas, de fuerza y de alumbrado. El circuito de fuerza está destinado a suministrar energía a los motores de equipos fijos y el de alumbrado a la iluminación y electricidad portátil.
- **Calentamiento:** Dentro de la planta de harinas se cuenta con un sistema de calderas para la generación de vapor que cubren la necesidad de calentamiento en el proceso de esterilización. Las calderas se alimentan con cascarilla de palma y carbón.

- **Agua:** Se requiere toma de agua para la generación de vapor, la cual ya se encuentra instalada debido a que en el nivel de ubicación del digestor se encuentran cuatro digestores similares.
- **Tratamiento de agua residual:** Dentro del proceso de producción de harina de cáscara de huevo se generan condensados a altas temperaturas, por lo tanto, el digestor estará conectado a la tubería de condensados de la planta de harinas, la cual se dirige a un sistema de recirculación hacia las calderas.

4.1.7 Distribución del proceso.

- **Macrolocalización:** El proceso para la obtención de Harina de Cáscara de Huevo se llevará a cabo en la planta de harinas de la empresa Campollo, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Rionegro. La planta cuenta con los requerimientos de servicios industriales y normas de saneamiento para el desarrollo del proceso. La planta consta de tres porterías: en la primera portería se tiene la entrada a la planta de beneficio y carnes frías, la segunda portería es destinada a la recepción de los camiones que transportan las aves para el beneficio y la tercera portería es para la recepción de la materia prima (ver Anexo I).
- **Microlocalización:** Por cuestión de disponibilidad de espacio y facilidad de conectar este nuevo proceso al resto de los equipos, al interior de la planta se dispondrá el *cooker* en inmediaciones de los digestores de pluma-sangre y vísceras. Cabe destacar que el proceso de producción de Harina de Cáscara de Huevo no incorporará el proceso de enfriado y prensado ya que no es necesario, por lo que pasará directamente a la etapa de almacenamiento y empaque (ver Anexo J).

4.2 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO DE APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE HUEVO

4.2.1 Inversión. Para el cálculo de la inversión se evaluaron tres grupos por el método de Lang [20] y los resultados se encuentran en la Tabla 6. (Ver Anexo K).

Tabla 6. Inversión Total.

Inversión Total	Inversión (Pesos)
Inversión fija	177'341.735
Inversión en diferidos	11'441.402
Inversión total	188'783.137

Fuente: Autores.

4.2.2 Costos de operación. Las suposiciones tomadas para el cálculo de los costos de la producción de la Harina de Cáscara de Huevo se encuentran detallados en el Anexo L y resumidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Costos de operación.

Costos totales	Costos (COP/ Año)
Costo materia prima	34'550.784
Costos servicios industriales	3'819.022
Costos por mantenimiento	7'150.876
Cargos por depreciación	14'301.753
Total	59'822.435

Fuente: Autores.

4.2.3 Evaluación económica. La evaluación económica permite evaluar la rentabilidad del proyecto, utilizando una serie de indicadores que tienen en cuenta elementos de inversión, costos e ingresos distribuidos en el tiempo, ayudando a escoger la mejor alternativa. Para realizar dicha evaluación se utilizaron los siguientes índices:

- El horizonte del proyecto se fijó en 10 años, los incrementos tomados son en base al promedio de la inflación que se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Comportamiento de la inflación

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Prom
%	2,00%	3,17%	3,73%	3,33%	2,44%	3,42%	3,02%

Fuente: Banco de la República [21].

- Incremento en la materia prima: Se estimó como precio de la Harina de Cáscara de huevo el precio actual de la roca caliza, evidenciándose una Tasa Interna de Retorno negativa. Por tal motivo, se calculó el precio de equilibrio dando como resultado 375 COP/ Kg Año. Además se propuso un incremento de 100 COP/Kg Año y un factor de 1,0302 el cual es la tendencia de crecimiento de la inflación.
- La tasa de interés del mercado se fijó en 10% debido a que oscila entre 10 y 15%, dado que el producto final no es para comercialización, si no, para autoconsumo en la empresa.
- En cuanto al impuesto a las utilidades se fijó de 33% como lo estipuló el Congreso de Colombia en el año 2012 [22].
- Se calculó un ahorro de 96'589.158 COP a diez años en cuanto a la disposición final que se realiza actualmente en Campollo, el cual se sumó al flujo de caja obtenido de forma positiva a los egresos generados en el proceso.
- El valor de salvamento se consideró en un 20% debido a que el proceso se implementó en una planta ya constituida y sólo será tomado en cuenta el valor para equipos. El proyecto generara utilidades a partir del sexto año con una ganancia de 15'432.522 COP/Año para una inversión de 188'783.137 COP la

cual genera una Tasa Interna de Retorno de 15% y un VPN de 80'890.224 COP. Los resultados se ilustran en el Anexo M.

- Se deja abierta la posibilidad de incorporar al proceso cáscara de huevo proveniente de otras incubadoras, como PIMPOLLO S.A, INCUBADORA SANTANDER S.A, y DISTRAVES S.A.S; las cuales presentan el mismo problema con el manejo del residuo. Debido a que en Santander la producción y venta de la Harina de Cáscara de Huevo la realiza una sola empresa llamada HARINAGRO S.A, la cual no cuenta con capacidad para suplir las necesidades del departamento, ya que esta empresa vende la harina a 600 COP/Kg, se evidencia una oportunidad de negocio rentable para la empresa Campollo.

5. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación técnico-económica para la implementación de un proceso para la producción de Carbonato de Calcio a partir del residuo orgánico cáscara de huevo generado en la planta de incubación.
- La caracterización de la cáscara de huevo y la investigación bibliográfica revelan que este desecho, en efecto, sirve como suplemento de calcio en la formulación del alimento animal para los pollos de engorde y las gallinas ponedoras, sin presentar ningún riesgo de desarrollo anatómico o calidad en los huevos, ni la aparición de enfermedades.
- El impacto ambiental generado por la falta de un tratamiento seguro de la cáscara de huevo se elimina completamente, ya que se implementa un proceso fiable y sólido capaz de obtener un nuevo producto con un valor agregado, el cual a su vez no genera ningún efecto negativo al entorno en el que se desarrolla.
- El estudio económico muestra la viabilidad del proyecto en términos financieros, mediante el cálculo del VPN y la TIR 80'890.224 COP y 15 % respectivamente; mostrando que al ser el VPN positivo y la TIR mayor a la tasa de interés fijo, el proyecto es viable para su implementación tanto comercial como ambiental.

6. RECOMENDACIONES

- La cáscara de huevo se debe ingresar al proceso en el menor tiempo posible, evitando así el aumento de la carga microbiológica y optimizando el proceso.
- Es conveniente realizar un análisis con los demás tipos de cáscara de huevo (huevo bomba y huevos con pollos no nacidos) que se genera en el proceso de incubación, debido a que su contenido aumenta el grado de proteína y por lo tanto la calidad de la harina mejoraría directamente.
- Para el uso de la harina de Carbonato de Calcio se debe mejorar la formulación de la dieta alimenticia de las aves que la consumen, debido a que la harina no supe a cabalidad dicha dieta, aumentando el valor proteico y disminuyendo la cantidad de calcio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FENAVI. Producción público [en línea]. [Citado el 26 de Septiembre de 2014]
Disponible en:
http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=1330
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Aves De corral y el medio ambiente [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015]. Disponible en:
<http://www.fao.org/ag/AGInfo/themes/es/poultry/Environment.html>
- [3] REVISTA AVICULTORES. Bogotá D.C. Junio, 2012, vol. 1, no. 196. ISSN 0121-1358.
- [4] TSAI, W.-T., Hsien, K.-J., Hsu, H.-C., Lin, C.-M., Lin, K.-Y., & Chiu, C.-H. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. Anna University. India. Journal Minerals Engineering, 2005, vol.18, no. 5, 545-547.
- [5] KING'ORI, A. A review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. Egerton University. Kenya. International Journal Science, 2011, vol. 10, 908-912.
- [6] JAIMES-OLAYA, J., GÓMEZ RAMÍREZ, A., ÁLVARES ESPEJO, D., SOLVER TOVAR, D., ROMERO PRADA, J., & VILLAMIL JIMÉNEZ, L. Las enfermedades infecciosas y su importancia en el sector avícola. Universidad de La Salle. Bogotá D.C. Revista de Medicina Veterinaria, 2010, vol. 20, 49-51.

- [7] COMBARIZA ROA, E. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE DIGESTIBILIDAD EN HARINAS DE PLUMA Y SANGRE PARA DISTRAVES S.A. Trabajo de grado en *Ingeniería Química*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2011, 20-30.
- [8] S.E., A. Effect of replacing bone ash with eggshell meal on nutrient digestibility and blood parameters of broiler chickens. Nasarawa State University. Nasarawa State. Irian Journal Of Applied Animal Science, 2013, vol. 3, 125-129.
- [9] GONGRUTTANANUN, N. Effects of using eggshell waste as a calcium source in the diet of Rhode Island Red Roosters on semen quality, gonadal development, plasma calcium and bone status. Kasetsart University. Bangkok. Kasetsart Journal: Natural Science, (2011), vol. 209-220.
- [10] Journal of nuclear technology in appleid science. Cairo, Egypt. 2014, vol. 2, no. 4, ISSN 2314-8209.
- [11] SCHEIDELER, S. Eggshell calcium effects of egg quality and Ca digestibility in first-or-third-cycle laying hens. University of Nebraska. Lincoln. Journal of Applied Poultry Science, 1998, vol. 7, 69-74.
- [12] OCKERMAN , H., & HANSEN, C. Animal by-product processing & utilization. Ohio State University. United States of America. Technomic Publishing, 2000, 3-5.
- [13] SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Ley 9 de 1.979 Nivel Nacional [en línea]. [Citado el 28 de Septiembre de 2014]

Disponible en:
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

- [14] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolucion 0368 de 2014 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.anla.gov.co/wap/documentos/RESOLUCION%200368%20DE%20014%20%20SE%20ASUME%20COMPETENCIA%20DE%20RELLENO%20EL%20CARRASCO.pdf>
- [15] ICA.RESOLUCION 1698 DEL 2000 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/03a7e117-bf9d-46b4-951d-39a4c69f9dc5/1698.aspx>
- [16] ICA. RESOLUCIÓN 2028 DEL 2002 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/0fb5e390-5bfb-4baf-ab45-2b2da88bd70f/2028.aspxc>
- [17] TURTON, R., BAILLIE R., WHITING W., SHAEIWITZ J., Analysis, synthesis, and design of Chemical Processes, 2nd ed, Prentice Hall, 2002.
- [18] INFORME PRÁCTICAS PREPROFESIONALES PLANTA PROCESADORA HARINAS PROTÉICAS UNIDAD CHILCA (NORTH PACIFIC S.A.C) [en línea]. [Citado el 28 de Diciembre de 2014] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/240866501/informe-practicas-pre-profesionales-planta-procesadora-harinas-proteicas-unidad-chilca-pdf>
- [19] ENGORMIX. Claves para una buena calidad en las harinas de productos avícola [en línea]. [Citado el 28 de Diciembre de 2014] Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/claves-buena-calidad-harinas-t2601/800-p0.htm>

- [20] JIMENEZ, A. Diseño de procesos en ingeniería química. Editorial Reverté S.A México. 2003, pag. 32.
- [21] BANCO DE LA REPÚBLICA. Tasa de inflación [en línea]. [Citado el 10 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>
- [22] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Nuevo impuesto de 9% a utilidades de empresas [en línea]. [Citado el 18 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/articulo-393196-congreso-aprueba-nuevo-impuesto-de-9-utilidades-de-empresas>
- [23] Ok, Y. S., Lee, S. S., Jeon, W.-T., Oh, S.-E., Usman, A., & Moon , D. H. (2011). Application of eggshell waste for the immobilization of cadmium and lead in a contaminated soil. Kangwon National University. Korea. Environmental Geochemistry Health, 2011, vol. 33, 31-39.
- [24] CHOJNACKA, K. Biosorption of Cr (III) ions by eggshells. Wroclaw University of Technology. Poland. Journal of Hazardous Materials, 2005, vol. 121, 167-173.
- [25] VIJAYARAGHAVAN, K., Jegan, J., Palanivelu , K., & Velan, M. Removal and recovery of copper from aqueous solution by eggshell in a packed column. Minerals Engineering, 2004, vol 18, 545-547.
- [26] ZIKU, W., Chumli, X., & Baoxin, L. (s.f.). Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. Shaanxi Normal University. PR China. Bioresource Technology, 2009, vol. 100, 2883-2885

- [27] YUAN, G., & Chunli, X. Synthesis of dimethyl carbonate over waste eggshell catalyst. Shaanxi Normal University. PR China. Catalysis Today, 2012, vol. 190, 107-111.
- [28] VARGAS PRADA, G.. MANUAL TÉCNICAS DE LABORATORIO. LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD, PLANTA CONCENTRADOS CAMPOLLO en reorganización S.A, 2006.

BIBLIOGRAFÍA

BANCO DE LA REPÚBLICA. Tasa de inflación [en línea]. [Citado el 10 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>

CHOJNACKA, K. Biosorption of Cr (III) ions by eggshells. Wroclaw University of Technology. Poland. Journal of Hazardous Materials, 2005, vol. 121, 167-173.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Nuevo impuesto de 9% a utilidades de empresas [en línea]. [Citado el 18 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/articulo-393196-congreso-aprueba-nuevo-impuesto-de-9-utilidades-de-empresas>

COMBARIZA ROA, E. ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE DIGESTIBILIDAD EN HARINAS DE PLUMA Y SANGRE PARA DISTRAVES S.A. Trabajo de grado en *Ingeniería Química*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2011, 20-30.

ENGORMIX. Claves para una buena calidad en las harinas de productos avícola [en línea]. [Citado el 28 de Diciembre de 2014] Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/claves-buena-calidad-harinas-t2601/800-p0.htm>

FENAVI. Producción público [en línea]. [Citado el 26 de Septiembre de 2014] Disponible en: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=1330

GONGRUTTANANUN, N. Effects of using eggshell waste as a calcium source in the diet of Rhode Island Red Roosters on semen quality, gonadal development,

plasma calcium and bone status. Kasetsart University. Bangkok. Kasetsart Journal: Natural Science, (2011), vol. 209-220.

ICA. RESOLUCION 1698 DEL 2000 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/03a7e117-bf9d-46b4-951d-39a4c69f9dc5/1698.aspx>

ICA. RESOLUCIÓN 2028 DEL 2002 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/0fb5e390-5bfb-4baf-ab45-2b2da88bd70f/2028.aspxc>

INFORME PRÁCTICAS PREPROFESIONALES PLANTA PROCESADORA HARINAS PROTÉICAS UNIDAD CHILCA (NORTH PACIFIC S.A.C) [en línea]. [Citado el 28 de Diciembre de 2014] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/240866501/informe-practicas-pre-profesionales-planta-procesadora-harinas-proteicas-unidad-chilca-pdf>

JAIMES-OLAYA, J., GÓMEZ RAMÍREZ, A., ÁLVARES ESPEJO, D., SOLVER TOVAR, D., ROMERO PRADA, J., & VILLAMIL JIMÉNEZ, L. Las enfermedades infecciosas y su importancia en el sector avícola. Universidad de La Salle. Bogotá D.C. Revista de Medicina Veterinaria, 2010, vol. 20, 49-51.

JIMENEZ, A. Diseño de procesos en ingeniería química. Editorial Reverté S.A México. 2003, pag. 32.

Journal of nuclear technology in appleid science. Cairo, Egypt. 2014, vol. 2, no. 4, ISSN 2314-8209.

KING'ORI, A. A review of the uses of poultry eggshells and shell membranes. Egerton University. Kenya. International Journal Science, 2011, vol. 10, 908-912.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolucion 0368 de 2014 [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015] Disponible en: <http://www.anla.gov.co/wap/documentos/RESOLUCION%200368%20DE%202014%20%20SE%20ASUME%20COMPETENCIA%20DE%20RELLENO%20EL%20CARRASCO.pdf>

OCKERMAN , H., & HANSEN, C. Animal by-product processing & utilization. Ohio State University. United States of America. Technomic Publishing, 2000, 3-5.

Ok, Y. S., Lee, S. S., Jeon, W.-T., Oh, S.-E., Usman, A., & Moon , D. H. (2011). Application of eggshell waste for the immobilization of cadmium and lead in a contaminated soil. Kangwon National University. Korea. Environmental Geochemistry Health, 2011, vol. 33, 31-39.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Aves De corral y el medio ambiente [en línea]. [Citado el 26 de Enero de 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGAInfo/themes/es/poultry/Environment.html>

REVISTA AVICULTORES. Bogotá D.C. Junio, 2012, vol. 1, no. 196. ISSN 0121-1358.

SCHEIDELER, S. Eggshell calcium effects of egg quality and Ca digestibility in first-or-third-cycle laying hens. University of Nebraska. Lincoln. Journal of Applied Poultry Science, 1998, vol. 7, 69-74.

SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Ley 9 de 1.979 Nivel Nacional [en línea]. [Citado el 28 de Septiembre de 2014] Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

S.E., A. Effect of replacing bone ash with eggshell meal on nutrient digestibility and blood parameters of broiler chickens. Nasarawa State University. Nasarawa State. Irian Journal Of Applied Animal Science, 2013, vol. 3, 125-129.

TURTON, R., BAILLIE R., WHITING W., SHAEIWITZ J., Analysis, synthesis, and design of Chemical Processes, 2nd ed, Prentice Hall, 2002.

TSAl, W.-T., Hsien, K.-J., Hsu, H.-C., Lin, C.-M., Lin, K.-Y., & Chiu, C.-H. Utilization of ground eggshell waste as an adsorbent for the removal of dyes from aqueous solution. Anna University. India. Journal Minerals Engineering, 2005, vol.18, no. 5, 545-547.

VARGAS PRADA, G.. MANUAL TÉCNICAS DE LABORATORIO. LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD, PLANTA CONCENTRADOS CAMPOLLO en reorganización S.A, 2006.

VIJAYARAGHAVAN, K., Jegan, J., Palanivelu , K., & Velan, M. Removal and recovery of copper from aqueous solution by eggshell in a packed column. Minerals Engineering, 2004, vol 18, 545-547.

YUAN, G., & Chunli, X. Synthesis of dimethyl carbonate over waste eggshell catalyst. Shaanxi Normal University. PR China. Catalysis Today, 2012, vol. 190, 107-111.

ZIKU, W., Chumli, X., & Baoxin, L. (s.f.). Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. Shaanxi Normal University. PR China. Bioresource Technology, 2009, vol. 100, 2883-2885

ANEXOS

Anexo A. Principales enfermedades infecciosas avícolas.

Como todo sistema productivo, la industria avícola se ve enfrentada a diversas amenazas que ponen en riesgo su competitividad. Vale la pena anotar que en avicultura las principales amenazas provienen de tres fuentes: alimentación, genética y sanidad. Entre las amenazas más frecuentes y de alta afectación al sector avícola se encuentran:

1. Salmonelosis aviar

Esta es una enfermedad de gran importancia en la avicultura, y con mayor impacto en salud pública. Es causada por un grupo de microorganismos bacterianos del género *Salmonella*, los cuales producen un cuadro de tipo gastrointestinal que lleva a la muerte del animal y, además, aumenta los costos de producción por el uso de antibióticos para el tratamiento y por los decomisos en plantas de beneficio. Esto quiere decir que se encuentra en el grupo de entidades que pueden transmitirse entre seres humanos y animales de forma eficiente, por lo que se constituye como una de las patologías de mayor importancia en la industria. La *Salmonella entérica* subespecies *entérica* se refiere a los serotipos que tienen poder patógeno en las aves, principalmente los serovares *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella pullorum* y *Salmonella gallinarum*.

La diversidad de fuentes de transmisión de *Salmonella* es un desafío para la industria avícola. La infección o contaminación en aves reproductoras o en incubadora es uno de los principales factores de riesgo para la presentación del microorganismo en pollo de engorde. Las estrategias de control requieren la implementación de un completo plan de bioseguridad, así como el

establecimiento de programas de muestreo, con el fin de monitorear el estado sanitario con respecto a la *Salmonella* [6].

2. Enfermedad de Newcastle:

Es una patología de origen viral que genera grandes pérdidas económicas como resultado del desarrollo de un cuadro clínico respiratorio, digestivo y nervioso, que en la mayoría de los casos termina con la muerte de las aves enfermas. No obstante, si la muerte de las aves no sucede como resultado de la infección del virus de Newcastle, la presencia de éste es un factor que predispone para la aparición de otras enfermedades oportunistas como *E. coli* y *Mycoplasma*, las cuales pueden agravar el cuadro clínico y generar la muerte. La enfermedad es causada por el virus de la familia *Paramixoviridae*, género *Avulavirus*; las cepas se pueden caracterizar de acuerdo con su virulencia en alta y baja, y a su patogenicidad en *velogénica*, *mesogénica* y *lentogénica*. El virus puede afectar veintisiete órdenes de aves, entre las cuales están las *Paseriformes*, *Psittaciformes*, *Struthioniformes* y *Columbiformes* [6].

3. Enfermedad de Gumboro (EG) o enfermedad infecciosa de la bursa:

Es una patología de origen viral, pero su presentación clínica es totalmente diferente. El virus de *Gumboro* es un agente inmunosupresor por naturaleza, esto quiere decir que afecta el sistema inmune de las aves, produciendo inmunodeficiencia y, por tanto, aumentando la susceptibilidad a las infecciones del medio. En especial en la bursa o bolsa de Fabricio. El agente causal de la EG es el virus de la enfermedad infecciosa de la bursa (IBDV), el cual pertenece a la familia *Birnaviridae* y al género *Avibirnavirus*. Presenta dos formas clínicas: la aguda, generalmente mortal, y la media o subclínica, la cual no produce sintomatología clínica, caracterizándose por un cuadro de inmunosupresión severa, lo que aumenta la susceptibilidad a otros agentes infecciosos, y la presentación de otras enfermedades en las aves [6].

4. Influenza Aviar:

Entre las grandes amenazas que enfrenta la industria, se encuentra la tan nombrada influenza aviar (IA). Es una enfermedad de origen viral que afecta a las aves, causando un cuadro de tipo respiratorio muy similar al de un resfriado común. Sin embargo, cabe anotar que existe un grupo muy pequeño de cepas del virus, cuya característica principal consiste en producir un cuadro de enfermedad sistémica que termina con la muerte de las aves (en algunos casos hasta con el 100% de las aves infectadas). Actualmente no se reporta la presentación de la enfermedad en Colombia, con lo cual se oficializa su estatus como país libre en el informe presentando a la OIE en marzo del presente año aunque en 2005 se identificó la evidencia serológica de un virus de IA de baja patogenicidad, H9N2, no notificable en la región norte del Tolima, en granjas de reproducción [6].

Anexo B. Usos de la cáscara de huevo

- Agente inmovilizador y adsorbente de metales pesados (cadmio y plomo) en suelos usando diferentes agentes extractores, siendo el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) el más efectivo. Para este procedimiento se necesita primero realizar un pretratamiento a la cáscara de huevo, lavándola con agua destilada, secándola a 105°C por 72 horas y pulverizarla hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm [23].
- Adsorbente de cromo en aguas residuales de la fabricación de baterías. Ya que la cáscara de huevo tiene buenas propiedades para la adsorción, este proceso es función del tiempo de contacto entre el agua y las cáscaras de huevo previamente lavadas, secadas a 40°C, y molidas hasta obtener un tamaño de partícula entre 0,25 y 1,04 mm, de la dosis de adsorbente y el pH de la solución [24].
- En la remoción de cobre en soluciones acuosas mediante una torre empacada. En este proceso la cáscara de huevo debe ser triturada (0,767 mm de tamaño de partícula), lavada con agua destilada y secada a 60°C por 12 horas, encontrando una eficiencia de extracción de cobre mayor al 96% [25].
- Agente catalizador en la producción de biodiesel para hacer la producción desde el punto de vista de reciclaje de residuos, minimización de componentes y reducción de costos. El pretratamiento necesario para la utilización de la cáscara consiste en lavado con agua desionizada, secado a 100°C por 24 horas y calcificada a 800°C para obtener CaO alcanzando un rendimiento entre el 97 y 99% en la producción de biodiesel [26].
- Agente catalizador en la síntesis del carbonato de dimetilo (DMC) mediante la transesterificación del metanol y el carbonato de propileno. En este proceso, la

cáscara de huevo se debe someter a un proceso de calcinación para obtener óxido de calcio obteniendo una conversión del carbonato de propileno y un rendimiento en la producción de DMC de 80 y 75% respectivamente [27].

Anexo C. Ficha técnica de la roca caliza

Figura C. Ficha técnica roca caliza.

	REPORTE DE ANALISIS DE MUESTRAS ESPECIALES
LABORATORIO PLANTA SAN GIL	
Consecutivo No.:	2
Fecha:	20- Marzo de 2012.
Material:	Caliza Malla No.50,30,14,12,8,6
Referencia:	Nohemy Florez
Análisis solicitado por:	Calizas de Colombia Ltda
Análisis Químicos	
% SiO ₂	1.76
% Al ₂ O ₃	0.37
% Fe ₂ O ₃	0.21
% CaO	53.16
% MgO	0.51
% Na ₂ O	0.11
% K ₂ O	-0.03
% SO ₃	0.46
% CaCO ₃	96.01
% Cal Libre	0.00
% Pérdida al Fuego	42.71
 HILDA SALAZAR R. Jefe de Calidad	

Fuente: Calizas de Colombia Ltda.

Anexo D. Metodología desarrollada en la caracterización de la cáscara de huevo

- **Humedad:** la humedad se obtiene con el determinador halógeno de humedad METTLER TOLEDO modelo HB43. Para ello se programa la balanza a 120°C con un tiempo de 10 minutos, se abre y se cierra la tapa, para tarar la balanza y tomar el peso de la muestra. La pantalla del aparato ilustra un plato lleno cuando ya está lista para empezar a pesar la muestra. Una vez pesado 1 gramo de la muestra y transcurridos los 10 minutos programados, se detiene el proceso y la balanza se ilumina emitiendo un sonido anunciando el final de la prueba y el porcentaje de humedad de la muestra [28].
- **Proteína (método de KJELDAHL):** Se pesan 0,5 gramos de muestra y se colocan en un tubo de digestión agregando 15 mL de H₂SO₄ concentrado y una pastilla de catalizador (515 g de K₂SO₄ + 19.5 g de CuSO₄ + 15 g de TiO₂). Luego se calienta el tubo hasta que empiece la ebullición y se esperan 15 minutos después de que la muestra se torne verde esmeralda. Se deja enfriar por media hora y se coloca el tubo en el equipo de destilación de amoníaco añadiendo 30 mL de agua destilada y 65 mL de NaOH al 32% p/v para que el medio se vuelva alcalino y se destila durante 5 minutos. El destilado se recoge en 100 mL de solución al 2% de H₃BO₃ con cinco gotas de indicador tashiro (disolución de 200 mL de etanol, 0,5 g de verde bromocresol y 0,1 g de rojo de metilo). Después se titula el destilado con H₂SO₄ 0,1 M hasta obtener una coloración blanca. Para la obtención de la cantidad de proteína se debe realizar previamente el cálculo de cantidad de nitrógeno en la muestra [28]:

$$N = \frac{(V_1 - V_0) * C * M}{m}$$

Dónde: V_0 : ml de ácido sulfúrico gastado en la titulación del blanco.

V_1 : ml de ácido sulfúrico gastado en la titulación de la muestra.

C : Concentración del ácido sulfúrico titulante (0,1 M)

m : g de porción de muestra.

$$\% \text{PROTEÍNA} = N \times 6.25 \times 1000$$

- Ceniza: se pesan 2 g de la muestra y se depositan en un crisol de incineración el cual se lleva a una mufla de calentamiento eléctrico controlado por termostato y provista de pirómetro, donde se deja por tres horas contadas a partir del momento que el horno alcance 550°C de temperatura. Luego se deja enfriar la muestra hasta temperatura ambiente y se vuelve a pesar [28].

$$\% \text{ceniza} = \frac{(P3 - P1) \times 100}{P2 - P1}$$

Siendo $P1$: Peso del crisol vacío.

$P2$: Peso del crisol más la muestra.

$P3$: Peso del crisol con las cenizas.

- Calcio: se pesan 2 gramos de muestra y se calcinan a 550°C en una mufla por dos horas. Luego se enfría hasta temperatura ambiente, se pasan las cenizas a un beaker de 100 mL añadiendo 40 ml de HCl más agua a razón de 1:3 v/v y se agregan 0,5 mL de HNO₃. Esta mezcla luego se calienta hasta ebullición por cinco minutos, y seguidamente se pasa por un embudo a balón volumétrico de 100 mL con agua destilada. De allí se toma una muestra de 5 mL (alícuota) y se deposita en un beaker de 100 mL adicionando 5 mL de KOH al 25%, 45 mL de agua destilada y 0,001 g de calceína; finalmente se titula con EDTA 0,1 molar hasta el viraje de amarillo a rosa obteniéndose el porcentaje de calcio de la muestra con el siguiente cálculo [28]:

$$\%Ca = \frac{Vt \times 40.08 \times M \times 100 \times 100}{m \times 5}$$

Siendo Vt : volumen titulante

40,08: peso molecular de Ca

M : Molaridad del titulante (0,1)

100: dilución utilizada

m : Peso de muestra en mg

5: alícuota tomada

- Fósforo: La muestra de 2 gramos se debe moler de modo que pase por un tamiz con apertura de 1 mm (malla 18). Luego la muestra se reduce a cenizas en una mufla a temperatura de 550°C por dos horas, seguidamente se añaden 40 mL de HCl con agua destilada con razón de 3:1 v/v y tres gotas de HNO₃ concentrado calentándose hasta punto de ebullición. La muestra se lleva a un balón volumétrico de 200 mL del cual se toma una muestra de 20 mL (alícuota), se filtra y se agregan 20 mL de fosfovanadato, se completan con 100 mL con agua destilada y se homogeniza. Se deja en reposo por 10 minutos y se lee la absorbancia en un espectrofotómetro UV a 400 nm. Después se transfieren muestras de la solución anterior diluyendo 10 mL de esta a 100 mL con agua destilada, se sacan 5 muestras y se llevan a balones volumétricos aforados de 100 mL con 0,5, 1, 5, 10, 12 y 15 ppm de fósforo adicionando 20 mL de reactivo molivdovanadato y se afora con agua destilada. Las soluciones se mantienen durante 10 minutos, se hace blanco de reacción adicionando a un balón de 50 mL, 10 mL de solución de molivdovanadato y se completa con agua destilada. Las lecturas se hacen a 400 nm ajustando el cero de absorbancia con el blanco y luego se comienza a leer las muestras. Se obtiene la gráfica de la línea recta que relaciona la absorbancia y concentración de fósforo correspondiente en mg. El porcentaje de fósforo se determina [28].

$$\%P = \frac{A \times Vd \times 100}{Wg \times Va \times 1000}$$

Siendo A : mg de fósforo obtenidos en la curva.

V_d : Volumen después del tratamiento de la muestra

V_a : Volumen de la muestra tomada para el desarrollo color.

W_g : Peso de la muestra en gramos.

Anexo E. Datos específicos de la cáscara de huevo como materia prima

Se realizó el pesaje de 10 bultos o sacos de fibra con el desecho de cáscara de huevo de la planta de incubación de Campollo de los cuales se sacó el promedio para el cálculo de un peso promedio del bulto de cáscara de huevo tal como se muestra en la Tabla E 1.

Tabla E 1. Promedio peso del bulto con cáscara de huevo.

BULTO	PESO DEL BULTO Kg.
1	25
2	23
3	24
4	22
5	28
6	20
7	25
8	28
9	22
10	24
PROMEDIO	24,1

Fuente: Planta de incubación Campollo.

Asimismo, se tomaron los manifiestos de carga que se realizan para la entrega de la cáscara de huevo al comprador informal de los meses de: agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2014 con el fin de calcular un dato promedio de la generación de cáscara de huevo anual ilustrados en la Tabla E 2.

Tabla E 2. Cáscara de huevo producida por mes.

FECHA	NUMERO BULTOS
Agosto	
2	84
3	78
6	84
9	65
13	90
15	86
17	84
20	72
23	84
27	83
30	80
Suma	890
mes	21.360

FECHA	NUMERO BULTOS
Octubre	
4	84
7	80
8	78
11	78
14	85
18	86
22	98
25	82
29	78
Suma	749
Kg/ mes	18.050,9

FECHA	NUMERO BULTOS
Septiembre	
2	78
6	90
10	82
13	70
17	83
20	82
24	78
27	84
Suma	647
Kg/ mes	15.592,7

FECHA	NUMERO BULTOS
Noviembre	
1	84
5	78
12	82
15	83
19	84
22	88
26	84
29	88
Suma	671
Kg/ mes	16.171,1

Fuente: Planta de incubación Campollo.

Anexo F. Caracterización de la cáscara de huevo

Figura F. Resultados de la caracterización de la cáscara de huevo.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

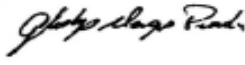
REPORTE DE RESULTADOS

FECHA DE INGRESO : 30 de diciembre de 2014

CASCARAS DE HUEVO DESECHO

Humedad	1.10%
Proteína	6.11%
Ceniza	91.94%
Calcio	24.85%
Fósforo	0.69%

Los resultados son válidos para las muestras analizadas.



GLADYS VARGAS PRADA
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA DE CONCENTRADOS

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de la planta de concentrados de la empresa Campollo.

Anexo G. Descripción de los equipos

Tabla G 1. Descripción de los equipos a instalar.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
	Digestor o Cooker: Su función es la producción en baches de harinas proteicas, con capacidad para procesar 1.100 Kg de producto o materia prima/bache de residuos tipo 4 (tripas, grasas, decomisos, pelos, colas, pluma, sangre). Con aislamiento térmico fibra de vidrio Fiberglass con cubierta en acero inoxidable calibre 26. • Medidas: 3,5 pies de diámetro por 8 pies de largo. Especialmente diseñado para empresas de sacrificio de animales, tanto avícolas como ganado vacuno o porcícola y demás empresas que estén en este sector. Incluye reductor con polea para instalar motor de 15 Hp a 1750 rpm. Hace hidrólisis para desnaturalizar pelos, cascotes, colas y plumas de aves. Mezcla de todos los ingredientes o separados según la necesidad

	nutricional requerida. • Fabricado en lámina ASTM A-36 interna de 1/2 y camisa en 1". • Presión de trabajo: de 80 Psi, prueba de construcción hidrostática de 180 psi. Con doble entrada de vapor en la camisa. Sellos en cordón de asbesto y tornillería apretada con torquímetro. Puerta de cargue y descargue de fácil operación y buen sellado. Incluye válvulas de vapor.
	Tolva con tornillo Sin fin: Capacidad de recibo de hasta 300 Kg de producto. Medidas aproximadas de 1,0 metros de largo por 1,0 metros de ancho y 1,40 metros de altura. Posee en el fondo de la tolva un sinfín de 10 pulgadas de diámetro con paso de 8 pulgadas aleta diámetro de 1/4 completamente inoxidable. Estructura de la tolva en lámina calibre 3/16, estructurada para mayor resistencia y con refuerzos. Construida completamente en

	acero el carbono. Posee su motor reductor eléctrico de 2 Hp bajas revoluciones.
--	---

Fuente: SCIPEM Ltda.

Tabla G 2. Descripción de los equipos ya existentes en Campollo.

EQUIPO	DESCRIPCION
	Molino de Martillos: Sistema utilizado para moler la harina de los subproductos avícolas después del proceso de prensado. Tiene una capacidad de 5 Ton/hora. Cuenta con un sistema de 28 martillos con una distribución especial (de acuerdo a los planos) de diámetro 20mm 1/4" de espesor y 2" ancho en acero al carbón montados sobre platos los cuales son movidos por un motor de 35 HP a 3540 rpm, además tiene 2 pares de cribas ubicadas en la parte inferior del molino con perforaciones de 5 mm para dar a la harina la granulometría deseada.
	Tolva empacadora: Tolva utilizada para almacenamiento y empaque. Tolva hecha en lámina de hierro de calibre 12 con capacidad de 4 Toneladas de producto. En la parte inferior tiene una lámina la cual



funciona como tapa facilitando así el cargue para el empaque del producto

Fuente: Planta de harinas Campollo.

Anexo H. Balances de masa y energía

- Balances de Masa:

A continuación se muestra el esquema del balance de masa involucrando las operaciones para la obtención de Harina de Cáscara de Huevo con la siguiente nomenclatura:

A: Cascarilla de huevo.

B: Vapor de agua.

C: Agua evaporada.

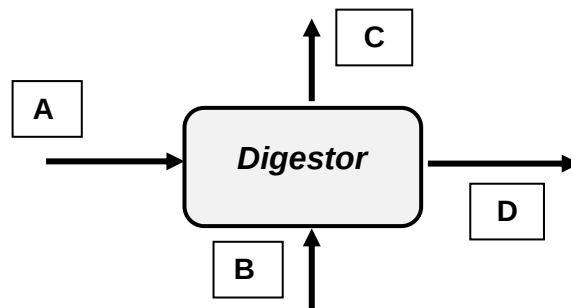
D: Cáscara esterilizada.

E: Cáscara transportada.

F: Harina De cascarilla de Huevo.

η : Eficiencia del equipo

1) Digestor o Cooker:



Balance Global _(Digestor):

$$A+B=C+D$$

$$1100\text{Kg} + B = C + 1100\text{Kg}*(\eta)$$

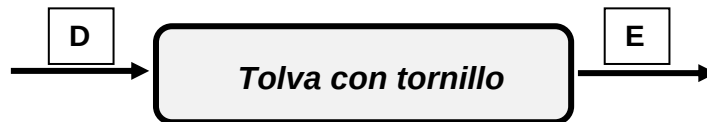
$$1100\text{Kg} + B = C + 990\text{Kg}$$

$$1100\text{Kg} + B = 1,55B + 990\text{Kg}$$

$$B = 200 \text{ Kg}; C = 310 \text{ Kg}$$

Nota: Se tomó una eficiencia del digestor del 90%, adicionalmente se tomó una relación de 1,55 Lb de vapor suministrado por cada libra de vapor evaporado. Dichos datos fueron suministrados por el proveedor del equipo SCIPEM Ltda.

2. Tolva con tornillo Sin Fin:



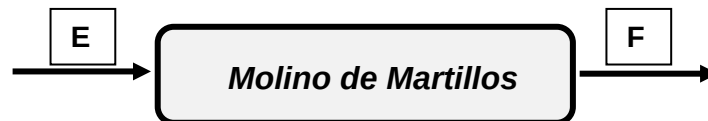
$$D = E$$

$$990 \text{ Kg} = 990 \text{ Kg}$$

$$E = 990 \text{ Kg.}$$

Nota: La masa que entra a la tolva con tornillo sinfín no presenta pérdidas, por tanto, la masa que entra es igual a la que sale.

3. Molino de Martillos:



$$F = E \cdot (\eta)$$

$$F = 990 \text{ Kg} \cdot 0,85$$

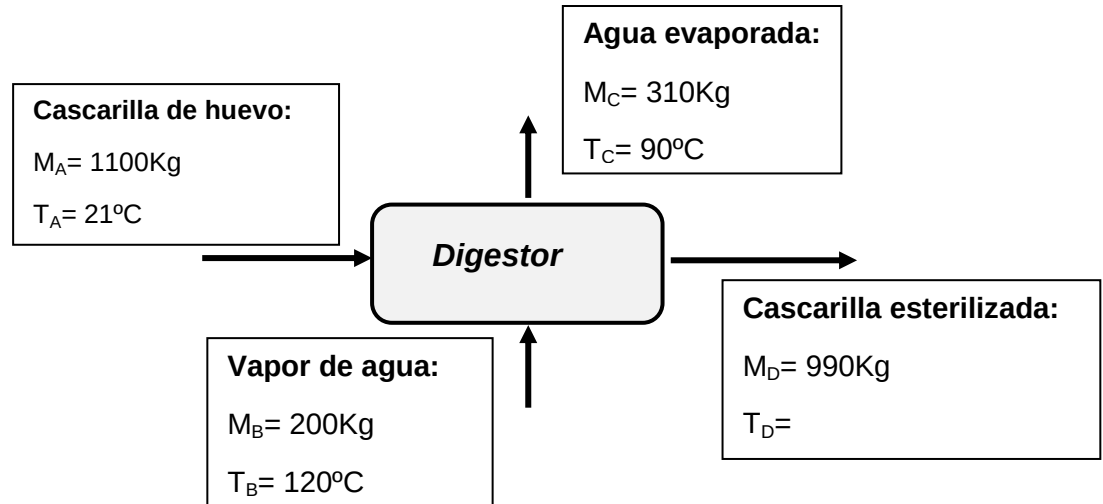
$$F = 841,5 \text{ Kg}$$

Nota: para calcular la harina de cáscara de huevo que sale del molino se tomó una eficiencia del 85%, la cual fue suministrada por el Jefe de planta de harinas.

- Balances de Energía:

Se realiza para determinar la temperatura a la cual sale la cáscara de huevo del digestor y el cálculo del consumo energético de los demás equipos.

✓ Digestor o Cooker:



$$Q_{entra} = Q_{gana\ la\ cascarilla} + Q_{gana\ agua\ evaporada}$$

$$M_B(\Delta h) = [M_A * Cp_A * (\Delta T_{DA})] + [M_C * Cp_C * (\Delta T_{CB})]$$

$$\Delta T_{DA} = \frac{M_B(\Delta h) - [M_C * Cp_C * (\Delta T_{CB})]}{M_A * Cp_A}$$

$$T_D = \frac{M_B(\Delta h) - [M_C * Cp_C * (\Delta T_{CB})]}{M_A * Cp_A} + T_A$$

$$\Delta h = h_g - h_f = (2706KJ/kg - 376,9KJ/kg)$$

$$\Delta h = 2329,1\ KJ/kg$$

$$T_D = \frac{200kg \left(\frac{2329,1KJ}{kg} \right) - \left[310kg * \frac{4,205KJ}{kg * ^\circ C} * (90 - 21) ^\circ C \right]}{1100kg * \frac{4,205KJ}{kg * ^\circ C}} + 21 ^\circ C$$

$$T_D = 102,26 ^\circ C$$

Nota: Se tomaron datos de temperatura en la planta de harinas de Campollo para el presente balance.

- Consumo energético

$$\text{Consumo} = P * t$$

P = Potencia.

t = Tiempo.

1. Digestor:

$$15 \text{ HP} * \frac{745,7 \text{ W}}{\text{HP}} = 11.185,5 \text{ W} \approx 11,2 \text{ KW}$$
$$11,2 \text{ KW} * 2 \text{ horas} = 22,37 \text{ KWh}$$

Consumo energético del digestor es 22,37 Kwh.

2. Tolva con tornillo sinfín:

$$2 \text{ HP} * \frac{745,7 \text{ W}}{\text{HP}} = 1.491,4 \text{ W} \approx 1,5 \text{ KW}$$
$$1,5 \text{ KW} * 0,2 \text{ horas} = 0,3 \text{ KWh}$$

Consumo energético de la tolva con tornillo sinfín es 0,3 Kwh.

3. Molino de martillos:

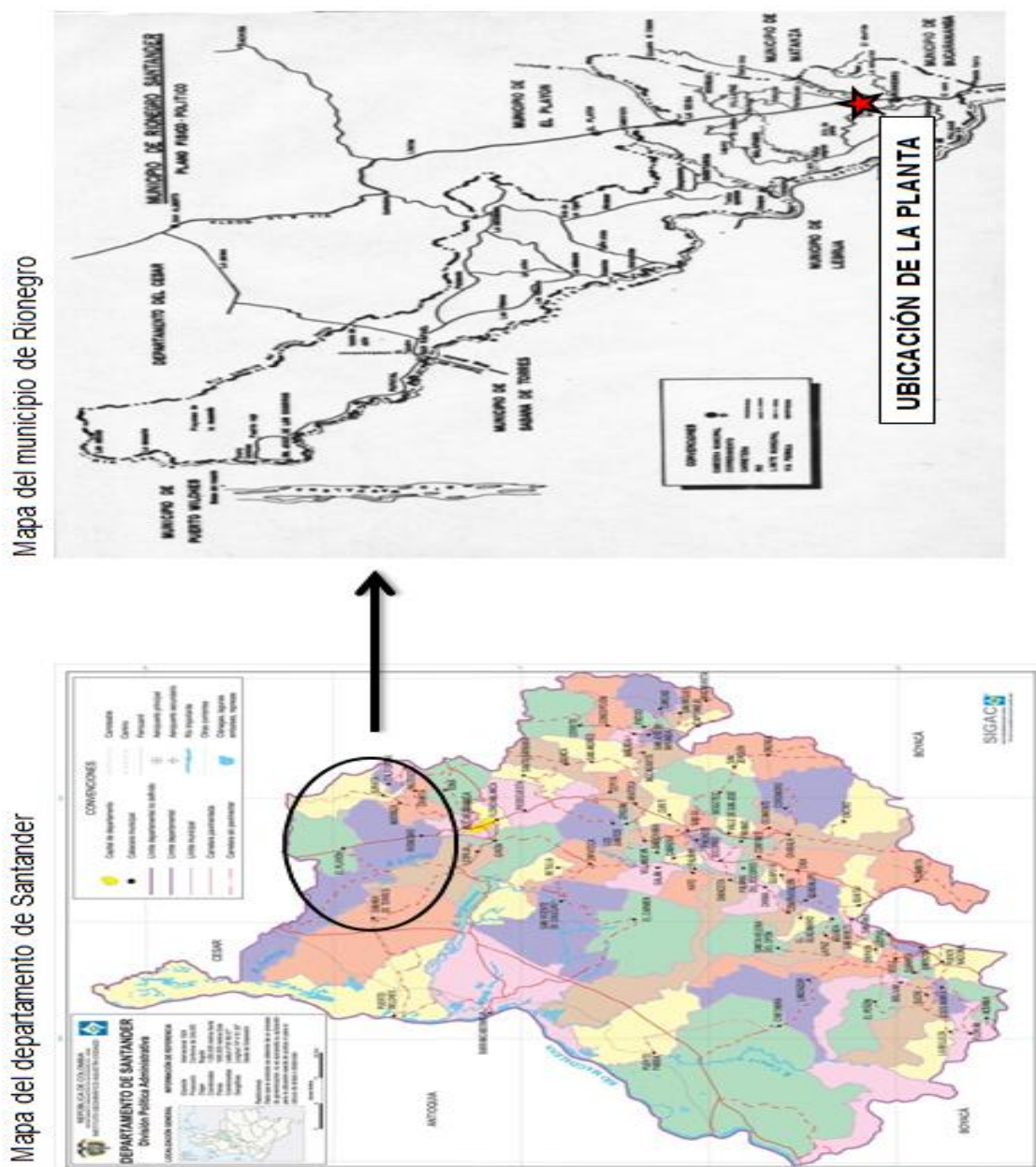
$$35 \text{ HP} * \frac{745,7 \text{ W}}{\text{HP}} = 26.099,5 \text{ W} \approx 26,1 \text{ KW}$$
$$26,1 \text{ KW} * 0,2 \text{ horas} = 5,22 \text{ KWh}$$

Consumo energético del molino es 5,22 Kwh.

Nota: Teniendo en cuenta que la capacidad del molino instalado en Campollo es de 5 Toneladas por hora se tiene un tiempo de proceso de 0,2 horas/ Tonelada.

Anexo I. Macrolocalización del proceso

Figura I 1: Localización de la planta de harinas en el departamento de Santander, municipio de Rionegro.



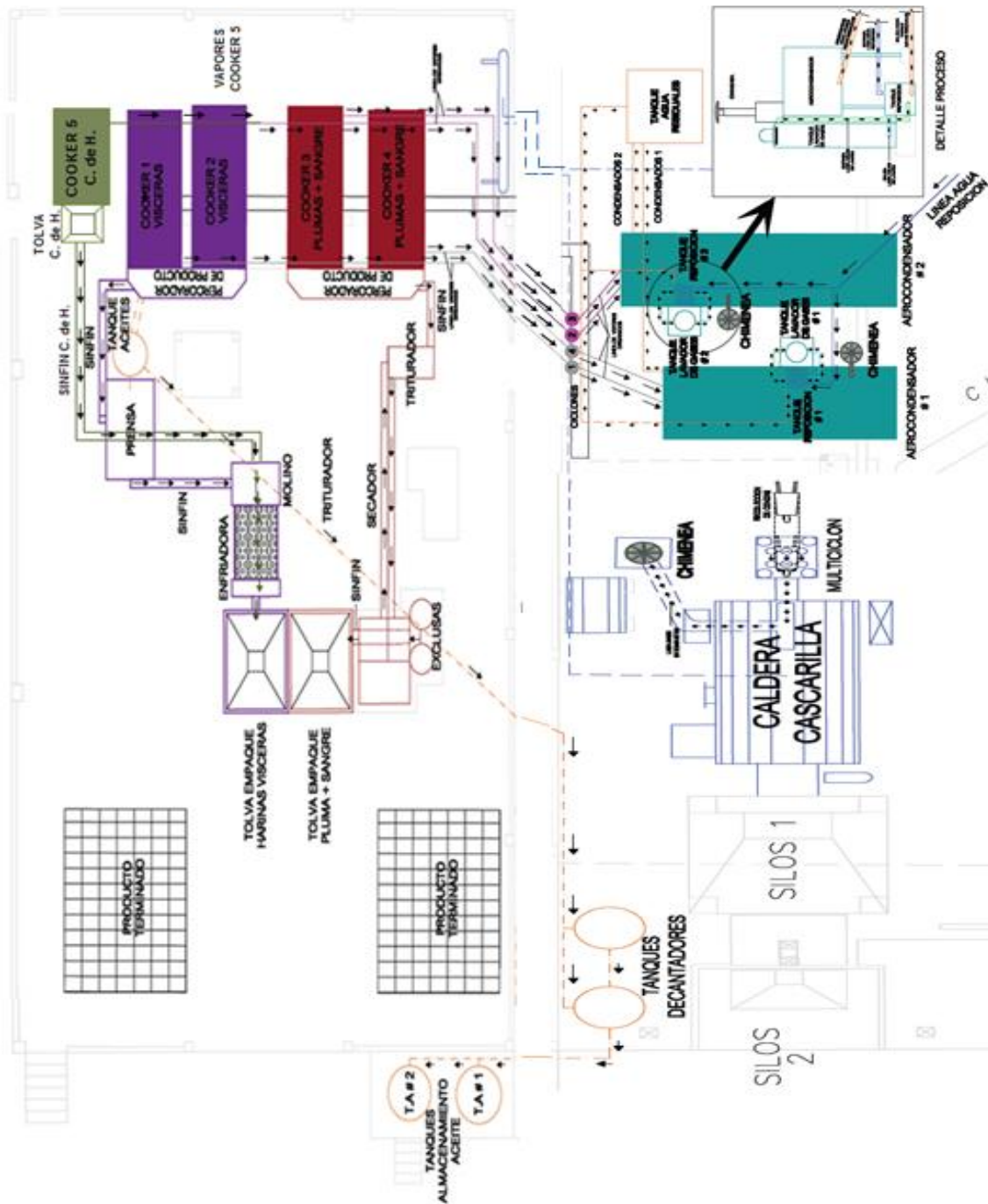
Fuente: IGAC – Instituto Colombiano Agustín Codazzi, 2006, <http://www.angelfire.com/amiga2/rionegro/portal/img/PLANO.JPG> y autores.

72

Diagrama de flujo de la planta de procesamiento de residuos sólidos. El diagrama muestra la planta con varias áreas etiquetadas: RECEPCIÓN MATERIA PRIMA (Recepción de materia prima), CARGUE AL DIGESTOR DE CÁSCARA DE HUEVO (Carga al digestor de cáscara de huevo), PORTERIA #3 (Puerta #3), y TRANSPORTE VEHICULAR (Transporte vehicular). Se indican flujos de entrada y salida de vehículos y camiones. Se muestran también áreas como POLVINA, MURD DE CERRAMIENTO, MURD DE AGUA, TANQUE DE AGUA, BASURAS, CALDERA, CALDERA CONTINENTAL, COCINA, OFICINA, LABORATORIO, SUB-ESTACION, y ZONA DE ALMACENAMIENTO. Se indican también las dimensiones de las áreas y la capacidad de almacenamiento.

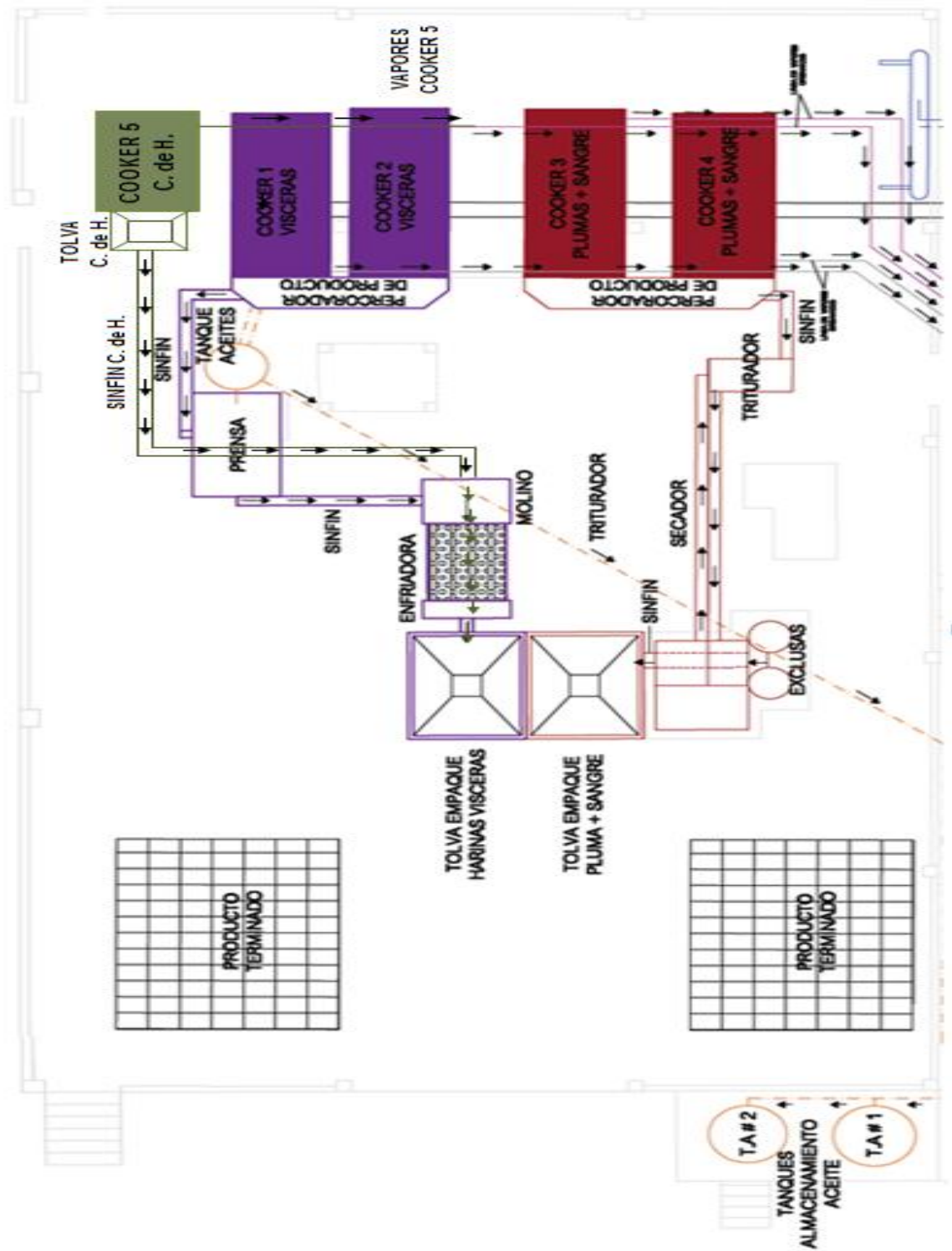
73

Figura J 1. Plano de la planta de harinas con el proceso de Harina de Cáscara de Huevo incorporado.



74

Figura J 2. Ubicación del proceso de Harina de Cáscara de Huevo.



Fuente: Campollo y Autores

Anexo K. Calculo de la inversión

- Inversión fija.

Es aquella que se realiza en bienes tangibles y se utiliza para garantizar la operación del proceso. La inversión fija está constituida entre otras por: la construcción de las instalaciones, maquinaria y equipo, vehículos, etc. La inversión fija se clasifica en depreciable (sujeta a la depreciación) y no depreciable (no sujeta a la depreciación); para el caso específico de este proyecto no se presenta inversión fija no depreciable debido a que no se debe invertir en un terreno y/o construcción para la instalación del proceso [24].

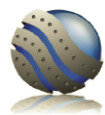
- Maquinaria y equipo: en la Tabla K 1 se presenta el costo de los equipos utilizados en el proceso resaltando que la planta de harinas de Campollo cuenta con molino de martillos y tamiz, por lo tanto, no se incluyen dentro de la inversión fija. A su vez, se tuvo en cuenta que el municipio de Rionegro queda a 24 Km de Bucaramanga y la maquinaria no supera 5 Toneladas en peso, por lo que se consultó en el área financiera de Campollo asignándole un precio de 180.000 COP por el transporte de los equipos, el cual se llevará en los vehículos de la empresa [24]. La cotización realizada de los equipo se muestra en la Figura K 1.

Tabla K 1. Cotización de los equipos.

Cantidad	Descripción	Vr. Unitario (COP)	I.V.A	Vr. Total (COP)	% I.V.A
1	Digestor	98'600.000	15'776.000	114'376.000	16
1	Tolva + tornillo Sin fin	24'535.800	3'925.728	28'461.528	16
Total				142'837.528	

Fuente: SCIPEM Ltda.

Figura K 1. Cotización de los equipos



Scipem Ltda
SOLUCIONES DE INGENIERÍA EN PROYECTOS ESPECIALES
Y MONTAJES

Asociado A:
ALPE
Asociación Latinoamericana de Plantas de
Rendimiento

Bucaramanga (Colombia), ENERO 08 DEL 2015

Señores:

CAMPOLLO S.A.

Atn, SEBASTINA PINILLA GOMEZ

HEIDY STEPHANIE MAHECHA ANTOLINEZ

Bucaramanga Colombia

Asunto: Cotización Digestor o Cooker, sin fin de empaque

De acuerdo a su solicitud, gustosamente nos permitimos cotizar los siguientes equipos:

1(un) equipo Cooker o Digestor 3,5' x 8' para producción en baches de harinas proteicas, con capacidad para procesar 1.100 Kg de producto o materia prima/bache de residuos tipo 4 (tripas, grasas, decomisos, pelos, colas, pluma, sangre). Con aislamiento térmico fibra de vidrio Fiberglass con cubierta en acero inoxidable calibre 26. Medidas 3,5 pies de diámetro por 8 pies de largo. Especialmente diseñado para empresas de sacrificio de animales, tanto avícolas como ganado vacuno o porcícola y demás empresas que estén en este sector. Incluye reductor con polea para instalar motor de 15 Hp a 1750 rpm. **Hace hidrólisis para desnaturalizar pelos, cascotes, colas y plumas de aves.**

Mezcla de todos los ingredientes o separados según la necesidad nutricional requerida. Fabricado en lámina ASTM A-36 interna de 1/2 y camisa en 1". Presión de trabajo de 80 psig, prueba de construcción hidrostática de 180 psi. Con doble entrada de vapor en la camisa. Sellos en cordón de asbesto y tornillería apretada con torquímetro. Puerta de cargue y descargue de fácil operación y buen sellado. No incluye tablero eléctrico, ni arrancador suave necesario para el arranque del motor. Incluye válvulas de vapor (reguladora de presión de entrada, y salida de condensados).

Vapor requerido de operación de 1,5 a 1,6 libras de vapor a 80 psi por libra de vapor evaporado. Protección del equipo con válvula de seguridad de 1" a 90 psi.

En la instalación se incluye el servicio de un técnico capacitado para entregar la maquina funcionando y explicar las condiciones de operación y el mantenimiento requerido de la misma, por espacio de 3 días, tiempo mayor requerido de este corre por cuenta del cliente. (no incluye transporte y alimentación).

2-TOLVA CON SIN FIN para empaque Capacidad de recibo de hasta 300 Kg de producto. Medidas aproximadas de 1,0 metros de largo por 1,0 metros de ancho y 1,40 metros de altura. Posee en el fondo de la tolva un sinfin de 10 pulgadas de diámetro con paso de 8 pulgadas aleta diámetro de 1/4 completamente inoxidable. Estructura de la tolva en lámina calibre 3/16, estructurada para mayor resistencia y con refuerzos. Construida completamente en acero el carbono. Posee su motoreductor eléctrico sew de 2 Hp bajas revoluciones.

RESUMEN COSTO DE LA INVERSION

ITEM	CANT	DESCRIPCION	Vr Un	Vr Total
1	1	Cooker o Digestor 3,5' x 8', válvula reguladora hidrólisis	\$98.600.000	\$98.600.000
2	1	Tolva de recibo 500 Kg inox	\$24.535.800	\$24.535.800
				\$123.135.800

+ MAS IVA

FORMA DE PAGO

EXW (Icoterms)

50% con orden de pedido

20% 45 días orden de pedido

20% al despacho

10% a la entrega a satisfacción.

FABRICA CRA 14 N° 19-36 TELEFONOS 57 7 6713487 Móvil: (57) 316 878 92 76

WEB: WWW.SCIPEM.COM E-MAIL: GERENCIACOMERCIAL@SCIPEM.COM BUCARAMANGA-Colombia





ITEM NO OFERTADOS

1. IVA
2. Gastos de flete y seguro desde la planta de fabricación hasta el local o sitio de instalación.
3. Obras civiles, acometidas eléctricas, y cableado de distribución al tablero del equipo. El cliente debe entregar acometidas eléctricas a cero(0) metros para la instalación de los equipos.
4. Servicio de montacargas o grúas que se incurran tanto en la planta de fabricación como en el sitio de montaje del equipo.
5. Desplazamientos aéreos y/o terrestres, alojamiento y alimentación de técnico requerido para la instalación y puesta en marcha del equipo.
6. Se expiden Pólizas de buen manejo del anticipo, póliza de garantías y calidad no incluidas en el costo de esta cotización.

Se entregan los equipos en planta de Scipem Ltda. Bucaramanga DIR: Cra 14 No 19-36 Barrio Gaitán
Bucaramanga-Colombia

CONSTRUCCION

De 120 días a partir de la confirmación del pedido, pago del anticipo.

GARANTIAS

1-Garantizamos contra eventuales defectos de fabricación de los equipos por un periodo de 12 meses, un turno de trabajo durante 8 horas/día a partir de la fecha de emisión de la factura fiscal y entrega de los equipos a satisfacción. Siempre y cuando los equipos sean sometidos a las condiciones de uso y capacidad establecidos por Scipem Ltda. La presente garantía se restringe a la sustitución de piezas y equipos defectuosos, sin cubrir componentes eléctricos, o daños resultantes de operación o instalación incorrecta, red eléctrica defectuosa, fuego y otros accidentes, así como el desgaste normal por la utilización de los equipos.

2-La garantía de materiales y equipamientos adquiridos a terceros, en caso que esto suceda, las condiciones de garantías serán traspasadas pero la responsabilidad es de Scipem Ltda.

3- Todo material defectuoso que tenga que ser sustituido, inmediatamente deberá ser puesto a disposición de Scipem Ltda.

4-Se entregan planos esquemáticos y protocolos de funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

5-La garantía no cubre gastos de mantenimiento por el periodo de garantía dado

6-Scipem Ltda. garantiza el permanente suministro de repuestos necesarios.

7-La garantía caducará automáticamente, cuando:

7.1.- Se realicen manejos, verificaciones o modificaciones por terceros, sin la debida autorización por escrito de Scipem Ltda.

7.2.- Los defectos que se provoquen por el uso indebido de los equipos e inclusive el mantenimiento inadecuado de los mismos.

7.3.- No se realice mantenimiento de acuerdo a los protocolos establecido para cada equipo.

7.4.- Se incumplan de pagos por parte del comprador.

VALIDEZ de la oferta de 30 días, luego esta sujeta a verificación y confirmación.

CUALQUIER INQUIETUD SOBRE ESTA OFERTA POR FAVOR CONTACTENOS, ESTAMOS A SU DISPOSICION

Atentamente,



Ing. Carlos Scrimaglia
Gerente Comercial

FABRICA CRA 14 N° 19-36 TELEFONOS 57 7 6713487 Móvil: (57) 316 878 92 76

WEB: WWW.SCIPEM.COM E-MAIL: GERENCIACOMERCIAL@SCIPEM.COM **BUCARAMANGA-Colombia**



Fuente: SCIPEM Ltda.

Al costo total, se le adicionan 6% por instrumentación y control, 10% por tuberías y un 10% por instalaciones eléctricas tal como se presenta en la Tabla K 2. [20].

Tabla K 2. Costo total de maquinaria y equipos.

Ajustes al proceso	Inversión (Pesos)
Equipos utilizados + Envío	143'017.528
Instrumentación y control (6%)	8'581.052
Tuberías (10%)	14'301.753
Instalaciones eléctricas (8%)	11'441.402
Costo total de maquinaria y equipos	177'341735

Fuente: Área de transporte Campollo y Autores.

- Inversión en diferidos.

Es la inversión que se realiza por la compra de servicios necesarios para la puesta en marcha del proceso. Corresponde a un porcentaje sobre el costo total de maquinaria y equipos [20], presentándose en la **Tabla K 3**.

Tabla K 3. Inversión en diferidos.

Activo	Inversión (Pesos)
Puesta en marcha (8%)	11'441.402
Total de diferidos	11'441.402

Fuente: Autores.

- Inversión de trabajo.

Corresponde al conjunto de recursos necesarios para la operación en forma normal del proyecto durante un ciclo productivo; debido a que no se realizará compra de materia prima, préstamo de dinero a bancos y no se venderá la harina de cascarilla de huevo no se hace necesario el cálculo de la inversión de trabajo [20].

Anexo L. Costos de la producción de harina de cáscara de huevo

- **Materia prima**

Para el caso específico de este proyecto se consideran los costos de la materia prima en referencia a su transporte desde la planta de incubación en Girón hasta la planta de harinas en Rionegro, Santander, donde el recorrido consta de 35 Km aproximadamente, debido a que la cascarilla de huevo se considera un desecho y por tanto no tiene precio alguno.

Tabla L 1. Costos de la materia prima

Materia Prima	Costo unitario	Costos (COP/Año)
Transporte de materia prima	180.000	34'560.000
Total		34'560.000

Fuente: Área de Transporte Campollo.

- **Costo de Mano de obra.**

Debido a que se va a hacer uso de los tiempos muertos de la planta de harinas, no se requiere la contratación de un nuevo personal ya que esta planta trabaja 24 horas, 7 días a la semana en turnos de 8 horas, cubriendo así en su totalidad los procesos.

- **Servicios industriales**

Corresponde al valor destinado a gastos de energía eléctrica, vapor y alcantarillado. Para la determinación del consumo de dichos servicios, se trabajó con los valores calculados en los procesos de producción de harina de vísceras, sangre y pluma y se ajustó a la cantidad a producir en el proceso del presente estudio. En la Tabla L 2 se presenta el costo de los servicios industriales.

Tabla L 2. Costo de servicios industriales.

Servicios industriales	Unidades	Cantidad por lote	Costo unitario	Costo anual
Vapor	Kg	100	120	2'304.000
Energía eléctrica	Kw/h	27,6	286	1'515.022
Total				3'819.022

Fuente: Planta de harinas Campollo.

- Costo por mantenimiento.

Se considera como el 5% del costo de la maquinaria y equipo [20]. Ver Tabla L3.

Tabla L 3. Costo por mantenimiento

Costo por mantenimiento	Costo (Pesos)
Costo por mantenimiento (5%)	7'150.876
Total	7'150.876

Fuente: Autores.

- Cargos por depreciación.

En la Tabla L 4 se presenta el valor correspondiente y el porcentaje empleado para el cálculo.

Tabla L 4. Depreciación anual.

Concepto	Inversión inicial	Tasa (%)	Depreciación anual
Maquinaria y equipo	143'017.528	10	14'301.753
Total			14'301.753

Fuente: Autores.

Anexo M. Matriz financiera para la producción de Harina de Cáscara de Huevo.

Tabla M 1. Flujo de Caja para los primeros cinco años.

PERIODO		1	2	3	4	5
INFLACION ANUAL		1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
UNIDADES PROCESADAS Kg/Año	211.968					
UNIDADES PRODUCIDAS Kg/Año	161.568					
TOTAL PRODUCCION		161.568	161.568	161.568	161.568	161.568
INCREMENTO PRECIO		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
PRECIO (P/U)	475	475	489,35	504,12	519,35	535,03
INCREMENTO DE LOS COSTOS VARIABLES		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INCREMENTO EN COSTOS DE MANTNIMIENTO		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INCREMENTO COSTOS FIJOS		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INVERSION INICIAL	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Equipos	188'783.137					
TOTAL INVERSION	188'783.137					
INGRESOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Cantidades		161.568	161.568	161.568	161.568	161.568
Precio		475	489,35	504,12	519,35	535,03
TOTAL INGRESO		76'744.800	79'062.493	81'450.180	83'909.976	86'444.057
EGRESOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
COSTOS VARIABLES						
Costos Materias Primas (P/U)	163	34'550.784	35'594.218	36'669.163	37'776.572	38'917.424
Costo servicios	3'819.022	3'819.022	3'934.357	4'053.174	4'175.580	4'301.682
Costo Mantenimiento	7'150.876	7'150.876	7'366.833	7'589.311	7'818.508	8'054.627
TOTAL COSTOS VARIABLES		45'520.682	46'895.406	48'311.648	49'770.660	51'273.734
COSTOS FIJOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Depreciación Equipos	0,10	15'102.651	15'558.751	16'028.625	16'512.689	17'011.373
TOTAL COSTOS FIJOS		15'102.650	15'558.751	16'028.625	16'512.689	17'011.373

TOTAL DE EGRESOS		60'623.332	62'454.157	64'340.273	66'283.349	68'285.10
BALANCE	*****	*****	*****	*****	*****	*****
AHORRO	8'649.216	8'649.216	8'649.216	8'910.422	9'179.517	9'456.738
INGRESOS		76'744.800	79'062.492	81'450.180	83'909.975	86'444.056
EGRESOS		60'623.332	62'454.157	64'340.273	66'283.349	68'285.106
UTILIDAD		24'770.683	25'257.551	26'020.329	26'806.143	27'615.688
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		24'770.683	25'257.551	26'020.329	26'806.143	27'615.688
IMPUESTOS	0,33	8'174.325	8'334.991	8'586.708	8'846.027	9'113.177
UTILIDAD NETA		16'596.357	16'922.559	17'433.620	17'960.116	18'502.511
DEPRECIACION		15'102.650	15'558.751	16'028.625	16'512.689	17'011.373
FLUJO DE CAJA NETO	- 188'783.137	31'699.008	32'481.310	33'462.245	34'472.805	35'513.884
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	- 188'783.137	- 157'084.128	- 124'602.817	- 91'140.571	- 56'667.766	- 21'153.881

Fuente: Autores.

Tabla M 2. Flujo de caja para los últimos cinco años.

PERIODO		6	7	8	9	10
INFLACION ANUAL		1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
UNIDADES PROCESADAS Kg/Año	211.968					
UNIDADES PRODUCIDAS Kg/Año	161.568					
TOTAL PRODUCCION		161.568	161.568	161.568	161.568	161.568
INCREMENTO PRECIO		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
PRECIO (P/U)	475	551,19	567,84	584,98	602,65	620,85
INCREMENTO DE LOS COSTOS VARIABLES		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INCREMENTO EN COSTOS DE MANTNIMIENTO		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INCREMENTO COSTOS FIJOS		1,00	1,03	1,03	1,03	1,03
INVERSION INICIAL	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Equipos	188'783.137					
TOTAL INVERSION	188'783.137					

INGRESOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Cantidades		161.568	161.568	161.568	161.568	161.568
Precio		551,19	567,84	584,98	602,65	620,85
TOTAL INGRESO		89'054.667	91'744.118	94'514.791	97'369.137	100'309.685
EGRESOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
COSTOS VARIABLES						
Costos Materias Primas (P/U)	163	40'092.730	41'303.531	42'550.898	43'835.935	45'159.780
Costo servicios	3'819.022	4'431.593	4'565.427	4'703.303	4'845.343	4'991.672
Costo Mantenimiento	7'150.876	8'297.877	8'548.473	8'806.636	9'072.597	9'346.589
TOTAL COSTOS VARIABLES		52'822.200	54'417.431	56'060.837	57'753.874	59'498.041
COSTOS FIJOS	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Depreciación Equipos	0,10	17'525.116	18'054.375	18'599.617	19'161.326	19'739.998
TOTAL COSTOS FIJOS		17'525.116	18'054.375	18'599.617	19'161.326	19'739.998
TOTAL DE EGRESOS		70'347.317	72'471.806	74'660.454	76'915.200	79'238.039
BALANCE	*****	*****	*****	*****	*****	*****
AHORRO	8'649.216	9'742.332	10'036.550	10'339.654	10'651.912	10'973.599
INGRESOS		89'054.667	91'744.118	94'514.791	97'369.137	100'309.685
EGRESOS		70'347.317	72'471.806	74'660.454	76'915.200	79'238.039
UTILIDAD		28'449.683	29'308.863	30'193.991	31'105.849	32'045.246
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		28'449.683	29'308.863	30'193.991	31'105.849	32'045.246
IMPUESTOS	0,33	9'388.395	9'671.925	9'964.017	10'264.930	10'574.931
UTILIDAD NETA		19'061.287	19'636.938	20'229.974	20'840.919	21'470.315
DEPRECIACION		17'525.116	18'054.375	18'599.617	19'161.326	19'739.998
FLUJO DE CAJA NETO	- 188'783.137	36'586.404	37'691.313	38'829.591	40'002.245	78'966.940
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	- 188'783.137	15'432.522	53'123.836	91'953.426	131'955.671	210'922.611

Fuente: Autores.

Tabla M 3. Valor de salvamento y Flujo Total de Caja.

VALOR DE SALVAMENTO
37'756.627
FLUJO POSITIVO
37'756.627

Fuente: Autores.

Tabla M 4. Indicadores de Factibilidad.

TASA DE OPORTUNIDAD INVERSIONISTA	10%
VPN	80'890.224
TIR	15%

Fuente: Autores.