



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA QUIMICA

**DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLITAS
DULCES SABORIZADAS A BASE DE GRITZ DE MAÍZ EN LA
MICROEMPRESA AGUS SNACK**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA:

LIA GEOVANNA ANDRADE GORDON

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA QUIMICA

**DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLITAS
DULCES SABORIZADAS A BASE DE GRITZ DE MAÍZ EN LA
MICROEMPRESA AGUS SNACK**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LIA GEOVANNA ANDRADE GORDON

DIRECTORA: BQF. ADRIANA ISABEL RODRIGUEZ BASANTES

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Lia Geovanna Andrade Gordon

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Lia Geovanna Andrade Gordon, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

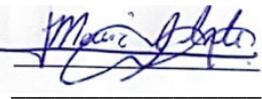
Riobamba, 19 de diciembre de 2023



.....
Lia Geovanna Andrade Gordon
0942070020

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLITAS DULCES SABORIZADAS A BASE DE GRITZ DE MAIZ EN LA MICROEMPRESA AGUS SNACK**, realizado por la señorita: **LIA GEOVANNA ANDRADE GORDON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Augusta Guadalupe Alcoser PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-12-19
Bqf. Adriana Isabel Rodríguez Basantes DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-19
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-19

DEDICATORIA

A los pilares más importantes de mi vida, mis padres, que siempre creyeron en mí y me dieron el apoyo necesario para no desistir, por todo el amor y paciencia brindados en este proceso. Ustedes han sido las raíces que me han sostenido en tiempos de adversidad. Este logro es nuestro. A mis queridas abuelitas, Cumandá y Mariana, cada valor que he aprendido y cada lección que he llevado conmigo a lo largo de los años son un testimonio de su cuidado y dedicación, su apoyo inquebrantable me ha dado la fuerza para superar cada obstáculo. A mi hermanito, Héctor, cada logro que alcanzo también es tuyo, porque tu influencia y presencia han sido parte integral de mi crecimiento. A Ismael, cuyo amor incondicional, apoyo y comprensión han sido mi refugio durante las noches de estudio y los días de incertidumbre. Cada logro que celebro es aún más significativo porque sé que lo compartes conmigo con igual entusiasmo. A mis hermanas del corazón, Nicole y Polet, desde los días de risas compartidas en la infancia hasta los momentos de apoyo mutuo en la adultez, hemos recorrido un camino lleno de recuerdos inolvidables. Con gratitud y emoción, dedico este trabajo a cada uno de ustedes, quienes han dejado una huella indeleble en mi camino hacia este momento.

Lia

AGRADECIMIENTO

Al llegar al final de este camino académico, no puedo evitar mirar hacia atrás y reflexionar sobre las personas que han dejado una marca indeleble en este viaje. A mis padres, sus sacrificios han sido mi motivación constante. Gracias por enseñarme que el esfuerzo y la perseverancia son los cimientos de cualquier éxito. A mi familia, especialmente a mis tíos, quienes no solo han estado presentes en los momentos importantes, sino que también han sido mis guías y consejeros a lo largo de este recorrido. Su apoyo incondicional y su confianza en mí han sido un regalo invaluable. A mis queridos amigos, con quienes he compartido risas, lágrimas y momentos de desafío. Su apoyo incondicional me ha recordado que no estoy sola. A Bryan, por su apoyo, cariño y amistad. Hemos compartido éxitos y fracasos, y a lo largo de todo, tu amistad ha sido un pilar en el que he podido apoyarme. Gracias por compartir este viaje conmigo. A la Ing. Mónica Andrade y Bqf. Adriana Rodríguez, por compartir su sabiduría y paciencia conmigo. Su guía ha sido esencial en este proceso. Que estas palabras expresen mi profundo agradecimiento y el reconocimiento eterno de su influencia en mi vida.

Lia

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Objetivos.....	3
1.3.1.	<i>Objetivo general</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	Antecedentes de investigación	4
2.2.	Referencias teóricas	5
2.2.1.	<i>Maíz</i>	5
2.2.1.1.	<i>Biología del maíz</i>	6
2.2.1.2.	<i>Composición química del maíz</i>	6
2.2.1.3.	<i>Gritz de maíz</i>	6
2.2.2.	<i>Procesos de transformación del maíz</i>	7
2.2.2.1.	<i>Agitación y mezcla</i>	7
2.2.2.2.	<i>Tipos de mezcladores</i>	7
2.2.2.3.	<i>Extrusión</i>	9
2.2.2.4.	<i>Tipos de extrusor</i>	9
2.2.2.5.	<i>Secado</i>	10
2.2.2.6.	<i>Empacado</i>	11
2.2.3.	<i>Bolitas de maíz saborizadas</i>	11

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	12
3.1.	Localización del proyecto	12
3.2.	Parte experimental	13
3.2.1.	<i>Tipo de estudio metodológico</i>	13
3.2.2.	<i>Obtención de materia prima</i>	13
3.2.2.1.	<i>Maíz</i>	13
3.2.2.2.	<i>Gritz de maíz</i>	13
3.2.3.	<i>Caracterización del maíz</i>	16
3.2.4.	<i>Caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica</i>	16
3.2.4.1.	<i>Caracterización física de la materia prima</i>	17
3.2.4.2.	<i>Caracterización bromatológica de la materia prima</i>	17
3.2.4.3.	<i>Caracterización microbiológica de la materia prima</i>	18
3.2.4.4.	<i>Contaminantes</i>	18
3.2.5.	<i>Variables del proceso para la elaboración de bolitas de maíz saborizadas</i>	19
3.2.5.1.	<i>Temperatura</i>	19
3.2.5.2.	<i>Tiempo</i>	19
3.2.5.3.	<i>Porcentaje de humedad</i>	19
3.2.6.	<i>Proceso para la elaboración de las bolitas de maíz dulces saborizadas</i>	19
3.2.6.1.	<i>Recepción de materia prima</i>	19
3.2.6.2.	<i>Mezclado</i>	19
3.2.6.3.	<i>Extrusión</i>	20
3.2.6.4.	<i>Secado</i>	20
3.2.6.5.	<i>Reposo</i>	20
3.2.6.6.	<i>Empacado</i>	20
3.2.6.7.	<i>Almacenamiento y distribución</i>	20
3.3.	Ingeniería del proyecto	22
3.3.1.	<i>Cálculos de diseño</i>	22
3.3.1.1.	<i>Balance de masa del proceso</i>	22
3.3.2.	<i>Ecuaciones de diseño de tanque de agitación</i>	26
3.3.2.1.	<i>Cálculo de la altura de diseño del tanque</i>	27
3.3.2.2.	<i>Determinación del factor de seguridad</i>	27
3.3.2.3.	<i>Determinación del volumen real del reactor</i>	28
3.3.2.4.	<i>Cálculo de la altura real del tanque</i>	28
3.3.3.	<i>Diseño del sistema de agitación</i>	29

3.3.3.1.	<i>Diámetro del agitador</i>	29
3.3.3.2.	<i>Cálculo de la altura del agitador</i>	29
3.3.3.3.	<i>Cálculo de la Altura óptima de mezclado (h líquido)</i>	30
3.3.3.4.	<i>Cálculo del volumen óptimo</i>	30
3.3.3.5.	<i>Potencia de agitación</i>	31
3.3.4.	<i>Ecuaciones de diseño del extrusor</i>	32
3.3.4.1.	<i>Cálculo de velocidad</i>	32
3.3.4.2.	<i>Viscosidad efectiva</i>	33
3.3.4.3.	<i>Potencia requerida</i>	34
3.3.4.4.	<i>Cálculo caudal volumétrico</i>	34
3.3.4.5.	<i>Cálculo de la presión (ΔP)</i>	34
3.3.4.6.	<i>Cálculo de la potencia requerida</i>	35
3.3.4.7.	<i>Garganta de alimentación</i>	35
3.3.4.8.	<i>Tolva</i>	36
3.3.4.9.	<i>Gradiente de temperatura</i>	38
3.3.5.	<i>Ecuaciones de diseño de secador rotatorio</i>	39
3.3.5.1.	<i>Determinación del porcentaje de humedad inicial</i>	39
3.3.5.2.	<i>Variación de la humedad</i>	40
3.3.5.3.	<i>Humedad en base seca y húmeda</i>	41
3.3.5.4.	<i>Calor necesario en el proceso de secado</i>	42
3.3.5.5.	<i>Calor de evaporación</i>	42
3.3.5.6.	<i>Calor sensible</i>	43
3.3.5.7.	<i>Cálculo del calor al líquido</i>	44
3.3.5.8.	<i>Calor al vapor de agua</i>	44
3.3.5.9.	<i>Calor de la humedad residual</i>	45
3.3.5.10.	<i>Pérdida de calor desde el secador a sus alrededores</i>	45
3.3.6.	<i>Dimensionamiento de secador</i>	45
3.3.6.1.	<i>Cálculo del diámetro de secador</i>	46
3.3.6.2.	<i>Cálculo de la longitud del secador</i>	47
3.3.6.3.	<i>Tiempo de retención</i>	47
3.3.6.4.	<i>Cálculo de las revoluciones por minuto del cilindro</i>	48
3.3.6.5.	<i>Cálculo del volumen del secador</i>	48
3.3.7.	<i>Factibilidad económica del proyecto</i>	49
3.3.7.1.	<i>Inversión fija</i>	49
3.3.7.2.	<i>Capital de trabajo</i>	49
3.3.7.3.	<i>Inversión total</i>	49

3.3.7.4.	<i>Proyección de gastos de producción</i>	50
3.3.7.5.	<i>Costo de producción anual</i>	51
3.3.8.	<i>Cálculo del precio de venta al público</i>	51
3.3.8.1.	<i>Cálculo de unidades a producir</i>	51
3.3.8.2.	<i>Cálculo de PVP</i>	52
3.3.8.3.	<i>Puesta en marcha del proyecto</i>	52
3.3.8.4.	<i>Punto de equilibrio</i>	52
3.3.8.5.	<i>Utilidad neta</i>	53
3.3.8.6.	<i>Valor Actual Neto (VAN)</i>	54
3.3.8.7.	<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>	55
3.3.8.8.	<i>Cálculo de TIR</i>	55
3.3.8.9.	<i>Periodo de recuperación</i>	55
3.3.8.10.	<i>Beneficio costo del proyecto</i>	56

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	57
4.1.	Caracterización del producto final	57
4.1.1.	<i>Caracterización fisicoquímica y bromatológica de las bolitas de maíz dulces saborizadas</i>	57
4.2.	Resultados de dimensionamiento de equipos	58
4.3.	Análisis de la curva de secado	59
4.3.1.	<i>Periodos de secado</i>	60

CONCLUSIONES	61
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	62
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Composición química de granos de cereales (valor promedio).....	6
Tabla 3-1: Datos de la ubicación de la empresa.....	12
Tabla 3-2: Taxonomía del maíz	16
Tabla 3-3: Caracterización física del maíz.....	17
Tabla 3-4: Caracterización bromatológica del Gritz de maíz	17
Tabla 3-5: Caracterización microbiológica del Gritz de maíz	18
Tabla 3-6: Contaminantes	18
Tabla 3-7: Selección de factor de seguridad	27
Tabla 3-8: Valores de diámetro, altura y capacidad del tanque	28
Tabla 3-9: Consideraciones de diseño de sistemas de agitación.....	29
Tabla 3-10: Parámetros de Diseño del sistema de agitación.....	31
Tabla 3-11: Presupuesto de inversión fija del proyecto	49
Tabla 3-12: Total de capital de trabajo	49
Tabla 3-13: Inversión total.....	50
Tabla 3-14: Costos de materia prima e insumos	50
Tabla 3-15: Costo de trabajadores en la empresa.....	50
Tabla 3-16: Costos de servicios básicos	51
Tabla 3-17: Costos de producción anual.....	51
Tabla 3-18: Unidades producidas	51
Tabla 3-19: Ingresos anuales.....	52
Tabla 3-20: Punto de equilibrio	53
Tabla 3-21: Ganancia neta	53
Tabla 3-22: Flujo de caja en 5 años proyectados	53
Tabla 3-23: Valor actual neto del proyecto.....	54
Tabla 3-24: Tasa interna de retorno	55
Tabla 3-25: Periodo de recuperación del proyecto	56
Tabla 3-26: Beneficio costo	56
Tabla 4-1: Requisitos microbiológicos de las bolitas de maíz saborizadas	57
Tabla 4-2: Requisitos bromatológicos de las bolitas de maíz saborizadas	57
Tabla 4-3: Resultados obtenidos en dimensionamiento del tanque de mezcla	58
Tabla 4-4: Resultados obtenidos en dimensionamiento del extrusor de doble tornillo.....	58
Tabla 4-5: Resultados obtenidos en dimensionamiento del secador rotatorio	59
Tabla 4-6: Datos de pesos, despreciando peso de bandejas	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Grano de maíz.....	7
Ilustración 2-2: Mezclador de paletas	8
Ilustración 2-3: Hélice.....	8
Ilustración 2-4: Sistema de cocción por extrusión monohusillo.....	9
Ilustración 2-5: Posible disposición de extrusora corrotante de doble husillo	10
Ilustración 3-1: Georreferencia de la microempresa AGUS SNACK.....	12
Ilustración 3-2: Diagrama de flujo de proceso de producción de gritz de maíz	15
Ilustración 3-3: PFD de elaboración de bolitas de maíz dulces saborizadas	21
Ilustración 3-4: Balance de masa general.....	22
Ilustración 3-5: Tanque de mezcla graficado en AutoCAD	26
Ilustración 3-6: Extrusor de doble tornillo graficado en AutoCAD	32
Ilustración 3-7: Garganta de alimentación	36
Ilustración 3-8: Volumen total de la tolva.....	37
Ilustración 3-9: Secador rotatorio graficado en AutoCAD.....	39
Ilustración 4-1: Curva de secado	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE HUMEDAD, GRASAS Y CENIZA DE GRITZ DE MAÍZ

ANEXO B: ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DEL GRITZ DE MAÍZ

ANEXO C: ANÁLISIS INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL GRITZ DE MAÍZ

ANEXO D: ANÁLISIS AFLATOXINA Y FUMONISINA DEL GRITZ DE MAÍZ

ANEXO E: ANÁLISIS FÍSICOS DEL MAÍZ

ANEXO F: ANÁLISIS DE PROTEINA DEL MAÍZ

ANEXO G: PLANO EN AUTOCAD DE EXTRUSOR DE DOBLE TORNILLO Y TANQUE
DE MEZCLA

ANEXO H: PLANO EN AUTOCAD DE SECADOR ROTATORIO

ANEXO I: PLANO EN AUTOCAD DE LAYOUT DE LA EMPRESA

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular se realizó con el propósito de diseñar el proceso de elaboración de bolitas dulces saborizadas a base de griz de maíz en la microempresa Agus Snack. En la producción de snacks a base de maíz, se utiliza griz de maíz como ingrediente principal, aunque también pueden añadirse otros ingredientes como saborizantes, colorantes, conservantes y agentes de textura, razón por la cual se realizó la caracterización de la materia prima mediante la NTE INEN 187:2013. Este proceso consiste en someter al alimento a altas temperaturas y presiones en un ambiente controlado, lo que permite modificar sus propiedades físicas, químicas y sensoriales. Entre las operaciones unitarias utilizadas en este proceso se encuentran: agitación, extrusión y secado. Por lo que se realizaron los cálculos respectivos al dimensionamiento del proceso, con una base de cálculo de 100 kg/h. Se tomaron en cuenta las variables esenciales para que este proceso se lleve a cabo siendo estas: temperatura, tiempo y porcentaje de humedad. Una vez alcanzado el producto final, se realizó la validación técnica y económica mediante los análisis correspondientes a la caracterización final con base en la norma INEN 2561:2010 en donde se obtuvieron valores de: recuento estándar en placa, mohos, e coli, humedad, grasas e índice en peróxidos. Todos dentro de los rangos establecidos por la norma, asegurando así su inocuidad y que son aptos para el consumo humano. Como parte de la validación económica, se realizaron cálculos para conocer el precio de venta al público, periodo de recuperación, TIR y VAN teniendo en cuenta un margen de ganancia del 30%.

Palabras clave: <DISEÑO >, <EXTRUSIÓN >, <MAÍZ (*Zea Mays L.*)>, <SNACKS>, <VARIABLES >, <INOCUIDAD >, <VALIDACIÓN >.

0026-DBRA-UPT-2024
x 
04-01-2024

0026-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

This curricular integration work aimed to design the process of making flavored sweet balls based on corn grits in the microenterprise Agus Snack. The main ingredient in corn-based snacks is corn grits. However, other ingredients, such as flavorings, colorings, preservatives, and textural agents, can be used, which is why the raw material was characterized using NTE INEN 187:2013. This process involves subjecting the food to high temperatures and pressures in a controlled environment, which allows its physical, chemical, and sensory properties to be modified. The unit operations used in this process are agitation, extrusion, and drying. Therefore, the calculations corresponding to the process sizing were carried out with a 100 kg/h calculation base. The essential variables for this process to be carried out were considered: temperature, time, and humidity percentage. Once the final product achieved technical and economic validation through the analyses corresponding to the final characterization based on the INEN 2561:2010 standard, values were obtained for standard plate count, molds, E. coli, moisture, fats, and peroxide index. All are within the ranges established by the standard, thus ensuring their safety and suitability for human consumption. As part of the economic validation, the retail price calculated the payback period, IRR, and NPV, considering a profit margin of 30%.

Keywords: <DESIGN>, <EXTRUSION>, <CORN (*Zea mays L.*)>, <SNACKS>, <VARIABLES>, <SAFETY>, <VALIDATION>.



Lcdo. Edison Renato Ruiz López

CI: 060395704

INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas, impulsada por la búsqueda de alternativas nutritivas y atractivas para satisfacer y adaptarse a las necesidades cambiantes de los consumidores. La extrusión se ha convertido en un proceso altamente utilizado en la industria alimentaria para producir una variedad de alimentos, incluyendo los snacks.

Los snacks a base de maíz son muy populares en todo el mundo debido a su sabor, textura crujiente y facilidad de consumo. El griz de maíz es el ingrediente principal en la producción de estos snacks, pero también pueden añadirse otros ingredientes como saborizantes, colorantes, agentes de textura y conservantes. Los snacks a base de griz de maíz son especialmente populares en América. Durante el proceso de extrusión, el griz es sometido a altas temperaturas y presiones en un tornillo sin fin, lo que produce una expansión del producto y su característica forma.

En la actualidad, la industria alimentaria busca desarrollar snacks más saludables utilizando ingredientes naturales y técnicas de extrusión avanzadas que permitan reducir el contenido de grasas y sal. El desarrollo de snacks a base de griz de maíz más saludables es un área de interés para los fabricantes de alimentos y los consumidores que buscan opciones de snack más saludables y deliciosas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La extrusión en la industria de alimentos ofrece beneficios tanto nutricionales como de productividad muy atractivos para poder proporcionar alimentos nutritivos y generar ingresos significativos. Producir productos espumados usando la operación de la extrusión tiene grandes ventajas, entre las que destacan que es un proceso libre de grasa en la etapa de cocción, como resultado el producto conserva las propiedades de los ingredientes, se utiliza menos cantidad de materia prima que otras alternativas, y el tiempo de producción es más corto.

La microempresa Agus Snack que cuenta con distintos equipos para la realización de diferentes actividades económicas y productivas en el área alimentaria, carece de una línea de extruidos, lo que limita la producción de estos alimentos de consumo masivo y no le permite formar parte activa del mercado de consumo.

1.2. Justificación

En Ecuador, existe un consumo importante de maíz, tiene una gran aceptación y es muy utilizado en la elaboración de distintos platillos típicos, así como materia prima en procesos de elaboración de distintos productos entre los que se encuentran los productos extruidos. Por otro lado, también sabemos que en la última década se ha incrementado notablemente la demanda de cereales extruidos, los cuales se consumen en forma de "snacks", cereales para el desayuno, bases para sopas cremas, papillas, etc., pero todos ellos elaborados de variedades de maíz, que son híbridos o que han sido modificados genéticamente.

La extrusión es una técnica muy utilizada en la industria alimentaria, una de las áreas donde los ingenieros químicos tienen gran presencia. Esta es una técnica sumamente rentable, ya que se obtiene grandes cantidades de producto con cantidades relativamente bajas de materia prima. La cocción se realiza con bajos niveles de humedad, lo que permite que se conserven características físicas de la materia prima que en este caso es el gritz de maíz.

En la microempresa Agus snack es necesario implementar el presente proyecto de diseño del proceso de elaboración de snacks saborizados para facilitar la producción optima de este producto,

y que de esta manera pueda ser competitiva en el mercado, cumpliendo con la norma INEN 2561-2010 para snacks extruidos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar el proceso de elaboración de bolitas dulces saborizadas a base de gritz de maíz en la microempresa AGUS SNACK.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización física, química y microbiológica correspondiente a la materia prima maíz mediante la norma técnica INEN 187:2013.
- Identificar las distintas variables, parámetros y las operaciones necesarias para el diseño del proceso industrial de elaboración de los snacks dulces saborizados.
- Aplicar cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del diseño propuesto.
- Realizar la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto con base a la norma INEN 2561:2010.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Según (Grasso, 2020), los snacks extruidos a base de cereales, siendo el maíz el más utilizado, son productos populares y de consumo masivo por lo que existe un interés creciente en mejorar la calidad nutricional de los snacks en el mercado, y la industria se enfrenta al desafío de desarrollar snacks más saludables y que al mismo tiempo ofrezcan un sabor agradable. El proceso de extrusión es muy versátil, productivo, de bajo costo y eficiente por lo que es ideal para incorporar subproductos de la industria alimentaria en snacks novedosos. Esta tecnología es utilizada por la industria de procesamiento de cereales debido a su proceso de fácil aplicación, convirtiendo las harinas de cereales amasándolas, cocinándolas, formándolas y texturizándolas, para producir productos alimenticios listos para el consumo, lo que resulta bastante conveniente. (págs. 284-285)

(Olalla, 2019), nos indica que el maíz es una de las pocas especies que se cultivan en todas las regiones del Ecuador (costa, sierra, oriente y galápagos), por lo que se considera como uno de los principales productos agrícolas debido a su importancia tanto en la alimentación humana como en la producción de bienes en la industria agrícola. Los granos de maíz suelen tener una baja concentración de proteínas ya que su composición esta principalmente basada en almidón (58-68%). (pág. 17)

Su calidad nutricional se ve limitada por la falta de ciertos aminoácidos esenciales, especialmente la lisina, pero se lo puede considerar una fuente de calcio y fósforo, compuestos inorgánicos esenciales para mantener una buena salud. Su contenido de minerales es del 1,3% y al menos un 87% de contenido del pericarpio es fibra cruda que a su vez está formada de hemicelulosa, celulosa y lignina (Basantes, 2015, pág. 74).

(Burbano, 2018), manifiesta que el gritz de maíz es una especie de sémola hecha a partir del endospermo duro del maíz amarillo, que es rico en almidón, pero carece de grasa. De esta manera se produce el gritz más puro posible, que permite obtener hasta el 60% del grano de maíz en forma de gritz, mientras que el 32% se convierte en harina y el 8% restante en germen durante el proceso de molienda. La fabricación de gritz de maíz implica un proceso de desgerminación, durante el cual se realiza el proceso de molienda, esta puede ser húmeda o seca. Para la obtención del gritz de maíz que posteriormente se utilizará para la producción de snacks, se emplea una molienda

seca. El maíz, la materia prima, es de crucial importancia para obtener un mejor rendimiento de griz por lo que se selecciona maíz amarillo de endospermo duro que se pasa a una fase de humectación para ablandarlo. El tamaño de la partícula está relacionado a la textura final del griz por lo que pasa por una operación de tamizado. (págs. 13-14)

El proceso de extrusión es versátil, altamente productivo, de bajo costo, energéticamente eficiente y carece de efluentes, por lo que es ideal para incorporar subproductos de la industria alimentaria en novedosos snacks. La extrusión consiste en dar forma a un material similar a la masa forzándolo a través de una restricción conocida como boquilla. (Maskan & Altan, 2012, págs. 1-67)

Esta tecnología se utiliza ampliamente en la industria de transformación de cereales, mediante amasado, cocción, moldeado y texturización, para elaborar productos alimenticios listos para el consumo, como fideos y pastas, cereales de desayuno, alimentos infantiles y snacks.

(Bouvier & Campanella, 2014, págs. 4-5)

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Maíz

Es una de las plantas más importantes y ampliamente cultivadas en todo el mundo. Este cereal es originario de América, y ha sido utilizado por las culturas precolombinas durante milenios. Tras el descubrimiento de América, el maíz se introdujo fácilmente en África y Asia gracias a la difusión de variedades de maíz por parte de portugueses y españoles en sus colonias. Es un cultivo muy adaptable que puede crecer en una amplia variedad de condiciones climáticas y de suelo. (Serna-Saldivar & Carrillo, 2018, págs. 435)

El maíz (*Zea mays L.*) pertenece a la familia de las gramíneas Poaceae (Gramineae), tribu Maydeae. En la actualidad, en términos de producción, el maíz es el cereal más importante superando incluso al arroz y al trigo. El maíz cultivado es una planta completamente doméstica y es una de las especies más productivas de plantas alimenticias. y cuenta con el mayor rendimiento de producción por unidad de superficie y día. Es originario de los trópicos; sin embargo, se cultiva en una gran diversidad de ambientes. (Paliwal et al., 2000, págs. 1-363)

2.2.1.1. *Biología del maíz*

El maíz, también conocido como *Zea mays*, es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas. Es una planta anual alta que crece rápidamente y puede alcanzar una altura de hasta 2,5 metros. La raíz del maíz es una estructura fibrosa y ramificada que se extiende en el suelo para absorber agua y nutrientes. Las hojas del maíz son largas y estrechas, y crecen en una disposición alternada en el tallo. El tallo es largo y fuerte, con una médula central que proporciona soporte estructural a la planta. El maíz, normalmente es de color amarillo o blanco, aunque depende mucho de la variedad, ya que también se puede encontrar en color rojo e incluso negro. (Daniela et al., 2010, págs. 29-30)

2.2.1.2. *Composición química del maíz*

Tabla 2-1: Composición química de granos de cereales (valor promedio)

(g/100g)	Maíz
Humedad	11,3
Proteína (Nx6,25)	8,8
Lípidos	3,8
Carbohidratos disponibles	65,0
Fibra	9,8
Minerales	1,3

Fuente: Urango, 2018.

Realizado por: Andrade L., 2024.

2.2.1.3. *Gritz de maíz*

El griz de maíz, proviene de la porción dura del endospermo del maíz y su fraccionamiento, es rico en almidón y posee un bajo índice de grasa. Para su obtención, el grano de maíz es sometido a procesos de descascarado, molienda y tamizado. Es un producto alimenticio versátil y popular que se utiliza en muchas cocinas y culturas de todo el mundo (Burbano, 2018, págs. 13-14).

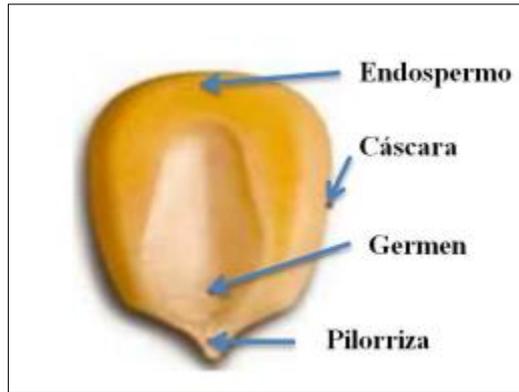


Ilustración 2-1: Grano de maíz

Fuente: (Burbano, 2018).

2.2.2. Procesos de transformación del maíz

2.2.2.1. Agitación y mezcla

Es una operación unitaria que permite la homogenización o distribución de las partículas dentro de un sistema o mezcla, este puede involucrar una o varias fases (líquida, sólida y gaseosa). Esta operación se ha estudiado desde los inicios de la civilización por su gran importancia, ya que surgió la necesidad de mezclar alimentos. (Uribe et al., 2012, págs. 22-23)

2.2.2.2. Tipos de mezcladores

- **Mezclador de paletas**

Se considera el tipo de mezclador más antiguo, y uno de los más utilizados debido a las ventajas que implica su implementación. Ofrece un excelente resultado en muchos tipos de trabajos y su costo es bajo. Este consiste en una o más paletas (horizontales o verticales) que rotan axialmente dentro del recipiente homogenizando la mezcla. (Terán, 2013, págs. 91-100)



Ilustración 2-2: Mezclador de paletas

Fuente: (Chalaca, 2022).

- **Mezclador de hélice**

Los mezcladores de hélice ofrecen gran eficiencia homogenizando muchos tipos de materiales, a un costo bajo. La forma del recipiente tiene bastante que ver en este tipo de mezclador, ya que por la forma característica de la hélice y el hecho de que se mueva en línea recta hace que se produzcan zonas muertas al no ser posible que la hélice alcance todas las partes del tanque. Este tipo de mezclador ofrece gran eficacia al mezclar líquidos poco viscosos, con o sin la presencia de sólidos ligeros. (Terán, 2013, págs. 91-100)



Ilustración 2-3: Hélice

Fuente: (Terán, 2013).

- **Mezclador de tambor o volteo**

El mezclador de tambor ofrece un sistema sencillo pero eficiente, consiste en un recipiente cilíndrico horizontal que cuenta con un tambor rotatorio, que facilita la mezcla. Existen diferentes variaciones de este tipo de mezclador para mejorar la homogenización e incluso se pueden llegar

a adicionar placas que giren en el sentido contrario de rotación para asegurar una mezcla óptima. Con frecuencia, se utiliza para mezclar polvos. (Terán, 2013, págs. 91-100)

2.2.2.3. Extrusión

La palabra "extrusión" se refiere a un proceso por el cual un producto líquido o semilíquido es forzado a través de una abertura de la matriz de la sección transversal deseada. La tecnología básica de los sistemas de extrusión de alimentos no ha cambiado en más de 60 años. Sin embargo, las nuevas aplicaciones, la eficiencia de uso y el diseño han hecho que el procesado de alimentos sea más sencillo, más fiable y menos artesanal. (Maskan & Altan, 2012, págs. 1-67)

2.2.2.4. Tipos de extrusor

- **Extrusor de un solo tornillo**

El rendimiento de un extrusor monohusillo se conoce bien dentro del procesamiento de polímeros. En las aplicaciones de plastificación y extrusión de alimentos, el extrusor realiza las siguientes funciones: transporte y compactación de los materiales sólidos de alimentación, plastificación/fusión o formación de la masa, y dosificación del producto fundido, estas dependen totalmente del flujo de arrastre por fricción a diferencia de los extrusores de doble tornillo. (Maskan & Altan, 2012, págs. 1-6)

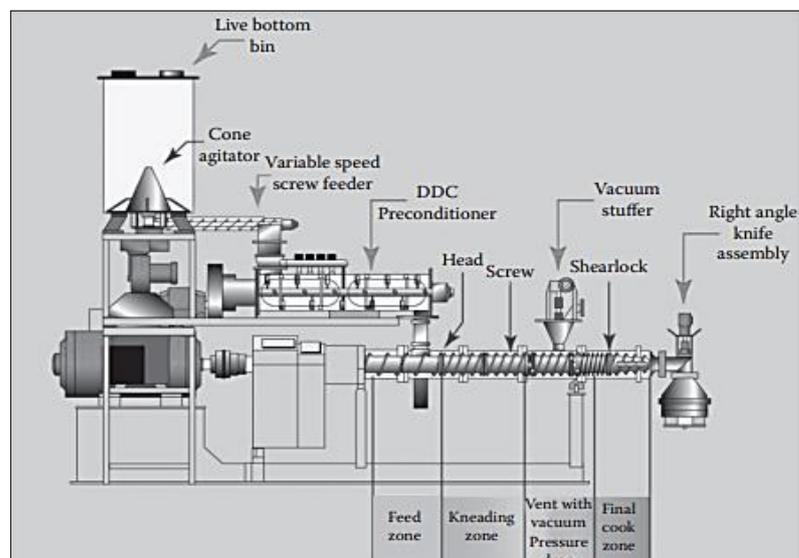


Ilustración 2-4: Sistema de cocción por extrusión monohusillo

Fuente: (Maskan & Altan, 2012).

- **Extrusor de doble tornillo**

El extrusor de doble tornillo, llamado también ‘twin extruder’, es un extrusor que cuenta con dos tornillos de igual longitud que se colocan en el interior del barril. Este tipo de extrusor es más complejo que el de un solo tornillo, pero ofrece mejor control. Existen dos tipos según la forma en que gira un tornillo con respecto al otro: extrusoras corrotantes y contrarrotantes. Una diferencia importante entre las extrusoras mono husillo y las de doble husillo es el tipo de transporte que tiene lugar dentro de la extrusora. El transporte en una extrusora de doble husillo depende menos de las propiedades de fricción del material debido a la acción del segundo husillo en la región de engrane. (Maskan & Altan, 2012, págs. 1-67)

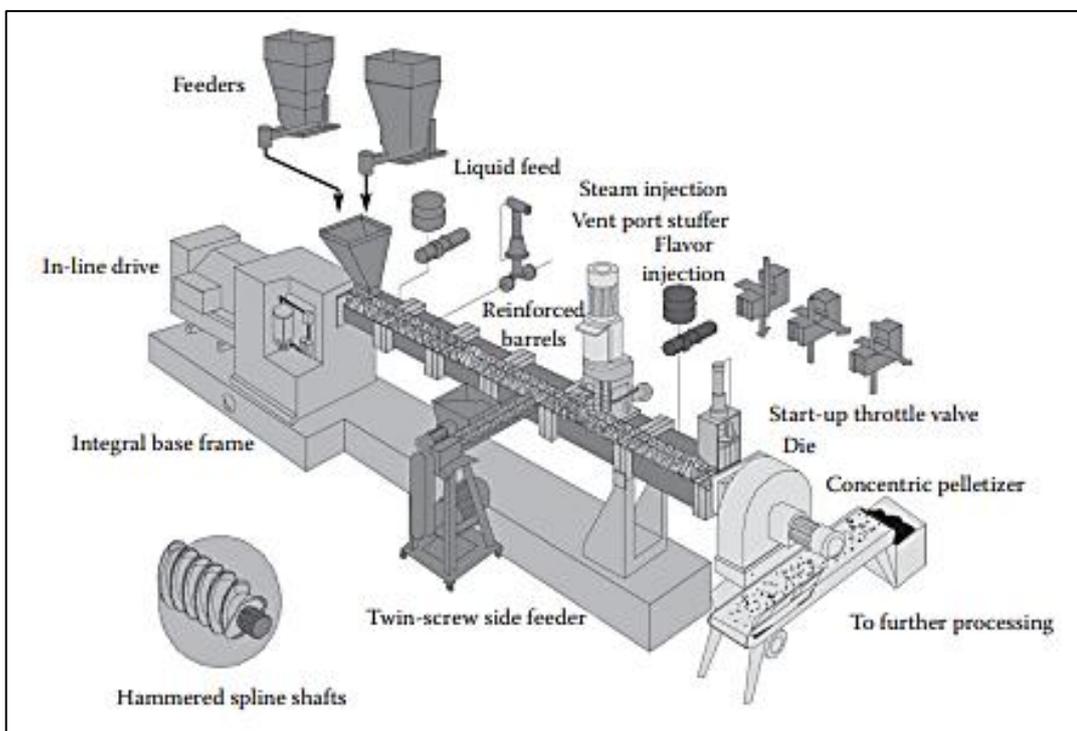


Ilustración 2-5: Posible disposición de extrusora corrotante de doble husillo para un sistema de extrusión alimentaria multiproceso

Fuente: (Maskan & Altan, 2012).

2.2.2.5. Secado

Es una operación unitaria de transferencia de calor y de masa, donde se somete al alimento a altas temperaturas para reducir el contenido de agua por lo que también se le considera un método de conservación al impedir el crecimiento y proliferación de microorganismos.

(Burbano, 2018, págs. 13-14)

El requisito de una etapa de secado suele ser obligatorio si el producto extruido tiene un contenido de humedad superior al 5%. El secado post extrusión de los productos extruidos es obligatoria para garantizar un contenido de humedad seguro. La textura del producto es más dura, en comparación con el primer caso. (Maskan & Altan, 2012, págs. 1-67)

- **Secador rotatorio**

La cámara de secado consta de dos cilindros. El cilindro exterior es un cilindro fijo no circular que está conectado directamente al horno. Este cilindro recibirá calor de la combustión. El segundo cilindro se coloca dentro del cilindro fijo. Este cilindro puede girar debido a la tracción de un motor que se transmite mediante transmisión por engranajes. La carga de secado, en este caso el snack extruido, se coloca en este cilindro y girará siguiendo la rotación del cilindro. La pared interior del cilindro giratorio no está lisa, formando pequeños agujeros en su superficie.

Esto proporciona un efecto de transferencia de calor uniforme. Además, los cilindros circulares ligeramente rugosos proporcionan mejores tasas de transferencia de calor que los tubos lisos. (Bawa Susana et al., 2023, pág. 3)

2.2.2.6. *Empacado*

El empacado o envasado es el proceso de envolver, empaquetar y proteger productos o mercancías para su transporte, almacenamiento y posterior comercialización. El principal objetivo de este proceso es garantizar que el producto llegue intacto a su destino y no se dañe ni deteriore durante el transporte o el almacenamiento. Diferentes materiales tienen las características necesarias para cumplir la función de proteger el producto como: madera, plástico, papel, etc.

(Burbano, 2018, págs. 13-14)

2.2.3. *Bolitas de maíz saborizadas*

Las bolitas dulces saborizadas son un tipo de snack elaborado a base de griz de maíz, saborizantes que comúnmente incluyen: vainilla, fresa, chicle, etc. colorantes, edulcorantes y conservantes para prolongar su periodo de consumo. El proceso de elaboración de este snack empieza con la operación unitaria de mezclado, donde se homogeniza la mezcla de griz y aditivos para posterior extrusión y secado.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

El proyecto se llevará a cabo en la parroquia San Andrés, perteneciente al cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador, con la ayuda de la microempresa AGUS SNACK.



Ilustración 3-1: Georreferencia de la microempresa AGUS SNACK

Fuente: Google Earth, 2023.

Tabla 3-1: Datos de la ubicación de la empresa

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Provincia	Chimborazo
Cantón	Guano
Parroquia	San Andrés
Coordenadas	1°36'14.0" S 78°42'44.5" W
Altitud	9773 m.s.n.m
Población	15487 aproximadamente

Fuente: Google Earth, 2023.

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2. Parte experimental

3.2.1. Tipo de estudio metodológico

El proyecto técnico titulado ‘Diseño del proceso de elaboración de bolitas dulces saborizadas a base de gritz de maíz en la microempresa Agus Snack’ fue realizado bajo la metodología de estudio experimental donde de forma inicial se realizó la caracterización de la materia prima siguiendo las pautas de la Norma INEN 187:2013, para luego realizar la caracterización del producto final bajo la norma INEN 2561-2010 para asegurar que cumpla con los estándares de calidad establecidos.

3.2.2. Obtención de materia prima

3.2.2.1. Maíz

El maíz (*Zea Mays L*), que se utiliza para la fabricación del gritz de maíz, se obtiene de diferentes proveedores de la provincia de Los Ríos y Loja, ya que este producto se da en ambas regiones. Este se almacena en silos con una capacidad de 60 y 8 toneladas respectivamente, para luego pasar al área productiva.

3.2.2.2. Gritz de maíz

El gritz de maíz se obtiene mediante el proceso detallado a continuación:

- **Recepción y descarga de materia prima**

Se receipta la materia prima para tomar las muestras necesarias para los análisis de laboratorio, se realiza un pesado en báscula para determinar con precisión la cantidad de producto. Luego, se descarga la materia prima siendo transportada por elevador para su posterior almacenamiento.

- **Almacenamiento**

Se almacena de manera inicial la materia prima (maíz) en un silo de 60 toneladas con base de hormigón, fabricado de acero galvanizado, material que es ideal para garantizar la inocuidad e higiene, por lo que es muy utilizado en la industria alimentaria. Luego, la materia prima es

transportada por elevador a un silo pulmón de aproximadamente 8 toneladas que cuenta con un tornillo sin fin para su posterior paso al área de producción.

- **Limpieza**

Se realiza la limpieza de la materia prima por aire ciclón, donde serán eliminadas las impurezas más livianas, mientras que las más pesadas serán eliminadas por medio de la vibración de dos motores de 2 hp para finalmente pasar a una malla de 7 a 8 mm.

- **Humectación y reposo**

Se procede a la humectación de la materia prima por aspersion para asegurar uniformidad, este proceso es continuo y tiene una duración de 2 horas. En cuanto al reposo, este se da en una celda cónica de 8 toneladas, en donde el maíz va a permanecer de 12 a 24 horas.

- **Desgerminado**

Por medio de fricción se logra el pelado del maíz en un desgerminador que tiene una capacidad de 1 a 3 toneladas por hora.

- **Molienda**

Se logra la reducción de partículas de maíz mediante un molino de rodillos, esta operación es crucial en la obtención de gritz y subproductos como la sémola.

- **Tamizado**

Esta operación posterior a la molienda es de crucial importancia para asegurar que el tamaño de la partícula sea el requerido, pasará un máximo de 1 tonelada por hora para evitar atrancamiento del equipo, este cuenta con 4 cajones con 12 mallas cada uno.

- **Empacado, almacenamiento y distribución**

Como último paso, se empaca el gritz de maíz en sacos de 25 kg, para ser almacenados, distribuidos y posteriormente comercializados.

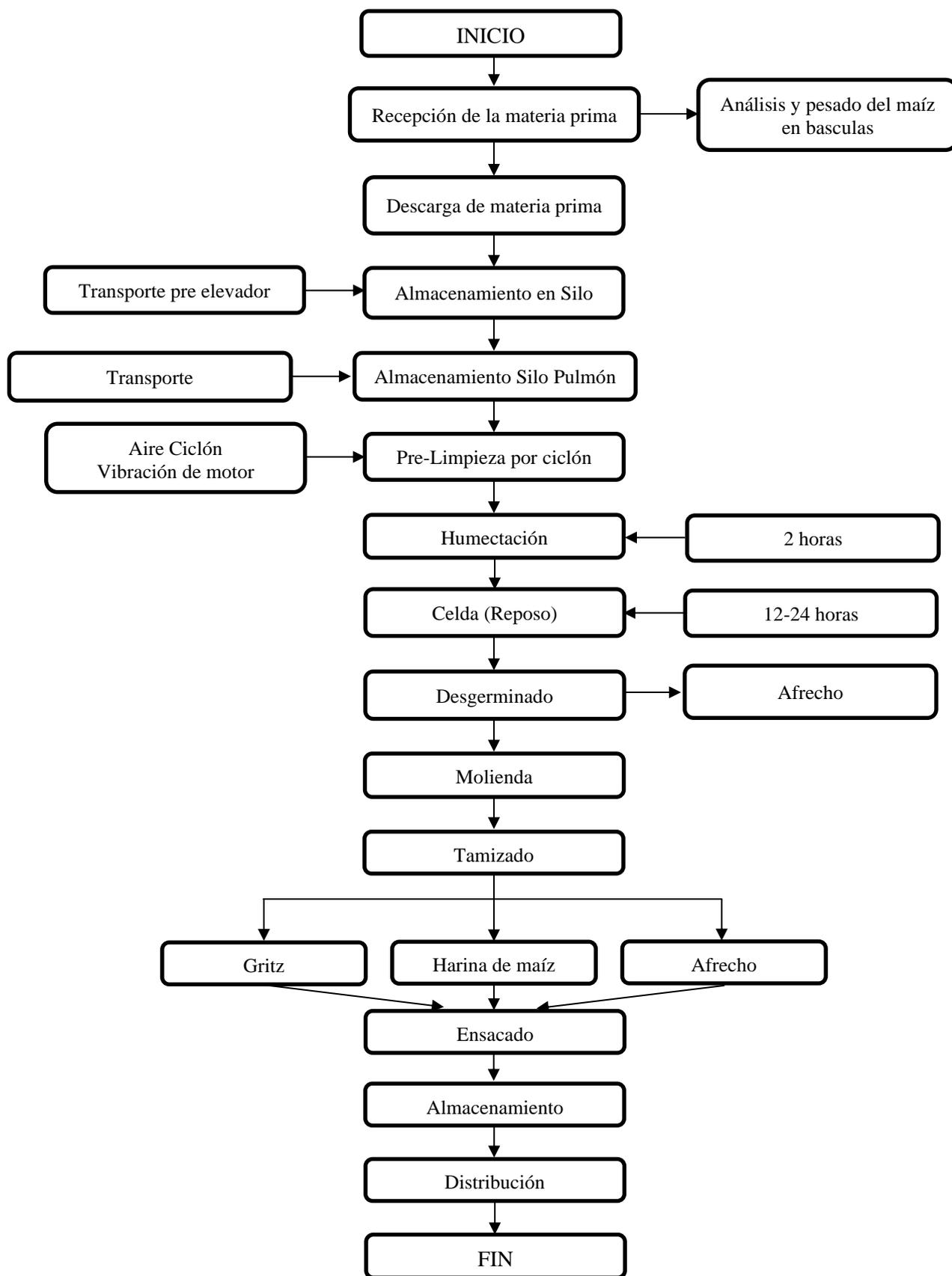


Ilustración 3-2: Diagrama de flujo de proceso de producción de gritz de maíz

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2.3. Caracterización del maíz

Dentro de la caracterización del maíz, tenemos la clasificación taxonómica o biológica de la materia prima, a continuación, se muestra una tabla sobre la clasificación taxonómica del maíz amarillo, materia prima principal dentro de la elaboración del Gritz de maíz que se utilizara para la producción de bolitas de maíz dulces saborizadas.

Tabla 3-2: Taxonomía del maíz

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Gramineas
Género	Zea
Especie	mays
Nombre científico	Zea mays L.

Fuente: (Valladares, 2010).

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2.4. Caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica de la materia prima (*Zea Mays L.*)

Se realiza la caracterización para establecer los requisitos que deben cumplir: el maíz entero, molido, la sémola, harina, gritz del maíz desgerminado, para consumo humano, alimento zootécnico y uso industrial según la norma INEN 187:2013.

3.2.4.1. Caracterización física de la materia prima

Tabla 3-3: Caracterización física del maíz

REQUISITO	VALORES		
	Mínimo	Máximo	Valor obtenido
Humedad, %(m/m)	-	13,0%	10,495
Materias orgánicas extrañas, %(m/m)	-	1,5%	0,35%
Materias inorgánicas extrañas, % (m/m)	-	0,5%	0,04%
Suciedad, %(m/m)	-	0,1%	<0.01%
<p>NOTA: Las materias orgánicas extrañas son componentes orgánicos que no sean granos de cereales comestibles (semillas extrañas, tallos, etc.). Las materias inorgánicas extrañas se definen como componentes inorgánicos (piedras, polvo, etc.). Suciedad son las impurezas de origen animal (incluidos insectos muertos). Además, debe estar exento de las siguientes semillas tóxicas o nocivas que, en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana: la crotalaria (<i>Crotalaria spp.</i>), la neguilla (<i>Agrostemma githago L.</i>), el ricino (<i>Ricinus communis L.</i>), el estramonio (<i>Datura spp.</i>) y otras semillas, son comúnmente reconocidas como nocivas para la salud.</p>			

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013).

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2.4.2. Caracterización bromatológica de la materia prima

Tabla 3-4: Caracterización bromatológica del Gritz de maíz

Requisitos	% Mínimo	% Máximo	Valor Obtenido	Método de Ensayo
PROTEIN	8,0	----	9,87	NTE INEN 543
A GRASA	-----	3,1	1,38	NTE INEN 523
CENIZA	----	3,0	0,73	NTE INEN 520
FIBRA	----	2,5	1,76	NTE INEN 522

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013).

Realizado por: Andrade L., 2023.

En donde:

n = Número de muestras que se van a examinar

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M = Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable

3.2.4.3. Caracterización microbiológica de la materia prima

Tabla 3-5: Caracterización microbiológica del Gritz de maíz

Microorganismo	Número de muestras que se van a examinar	Número de muestras permisibles con resultados entre m y M	VALORES			VALOR OBTENIDO
			M	M	Método de ensayo	M
<p>Mohos</p> <p>Definición: Recubrimiento vellosos o filamentosos producido por diversos tipos de hongos sobre materia orgánica, que provoca su descomposición</p>	5	2	10^2	10^5	NTE INEN 2051:2013	10^2

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013).

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2.4.4. Contaminantes

Tabla 3-6: Contaminantes

Metal	Requisito	Valor obtenido
Plomo, mg/kg	0,2	<0.01
Aflatoxinas, ug/kg (ppb)	20	<5

Fuente: (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013).

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.2.5. Variables del proceso para la elaboración de bolitas de maíz saborizadas

3.2.5.1. Temperatura

Entre las variables dentro del proceso de elaboración de bolitas de maíz dulces saborizadas se encuentra la temperatura de extrusión y secado que va desde los 135 a 150 °C y 100°C respectivamente.

3.2.5.2. Tiempo

Una característica importante es el tiempo de extrusión y secado, la extrusión toma un tiempo de alrededor de 3 minutos según las pruebas realizadas en la microempresa AGUS SNACK y el secado que suele ser de un tiempo prolongado en este caso es de 2 a 3 minutos.

3.2.5.3. Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad es un parámetro importante en el proceso de elaboración de bolitas de maíz dulces saborizadas donde se tiene en cuenta la cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior del cuerpo. Luego del proceso de extrusión es fundamental pasar a un proceso de secado por el exceso de humectación que queda en el producto.

3.2.6. Proceso para la elaboración de las bolitas de maíz dulces saborizadas

3.2.6.1. Recepción de materia prima

Se receipta el gritz de maíz que es la materia prima para la fabricación del producto por medio de una tolva que alimentará el tanque de mezcla.

3.2.6.2. Mezclado

Se realiza la operación unitaria de mezclado en un tanque de agitación donde se adiciona la materia prima junto con los aditivos, siendo estos saborizantes, colorantes, edulcorante y conservantes para garantizar la inocuidad y calidad del producto final. Una vez homogenizada la mezcla, pasa al extrusor por medio de un tornillo sin fin.

3.2.6.3. Extrusión

Este proceso se lleva a cabo en un extrusor de doble tornillo (twin extruder) con una capacidad máxima de 150 kg/h, donde por la acción del calor se logrará moldear, precocer y expandir el producto alimentado y por medio de las diferentes boquillas se dará la forma característica del snack deseado. Este equipo trabaja con temperaturas de salida de 135 a 150 °C. Una vez terminado el proceso, el producto extruido sale por un tornillo sin fin y es depositado en una tolva que alimenta al secador.

3.2.6.4. Secado

Esta operación se realiza en un secador rotatorio, como su nombre lo indica este equipo cuenta con un tambor rotatorio que permite que gire a 47,39 revoluciones por minuto, logrando una mayor superficie de contacto y permitiendo un proceso de secado uniforme. Este secador trabaja con una temperatura de 100 °C.

3.2.6.5. Reposo

Se requiere el reposo del producto final obtenido del secador rotatorio debido a las altas temperaturas con las que se trabaja, de esta manera se permite que se llegue a una temperatura ambiente para poder ser empacado posteriormente.

3.2.6.6. Empacado

Se realiza el empacado del producto en presentaciones de 50 g. Esta empacadora funciona por medio de calor sellando los empaques para que se puedan mantener frescos y libres de cualquier contaminación externa.

3.2.6.7. Almacenamiento y distribución

Luego de ser correctamente empacados, se pasa a almacenar el producto terminado para poder ser distribuido y comercializado.

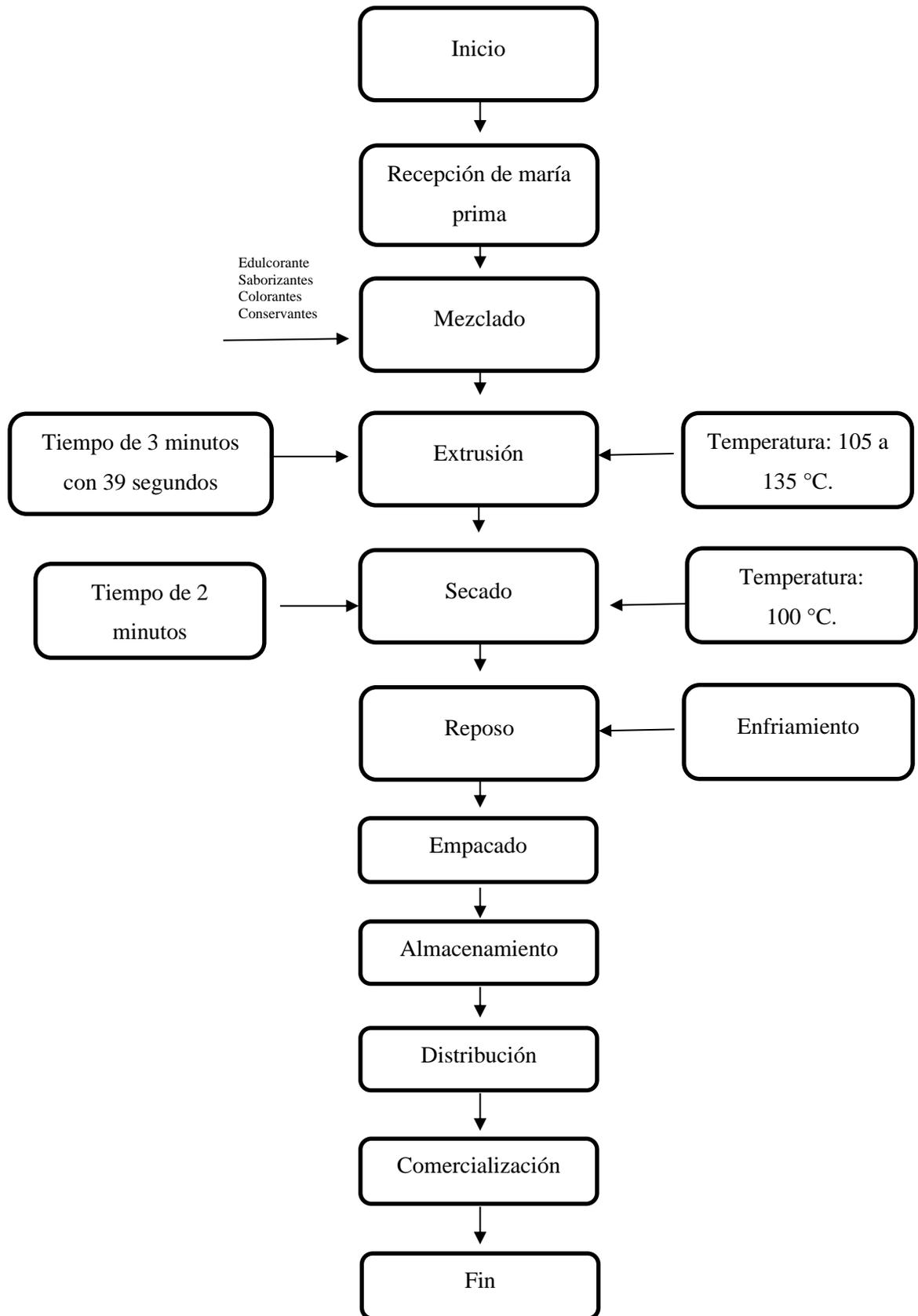


Ilustración 3-3: PFD de elaboración de bolitas de maíz dulces saborizadas

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3. Ingeniería del proyecto

El proyecto es de tipo técnico porque se basa en la parte experimental que va desde la obtención de las materias primas en el proceso productivo y la transformación de un producto terminado de las bolitas de maíz dulces saborizadas.

3.3.1. Cálculos de diseño

3.3.1.1. Balance de masa del proceso

El balance de masa de un proceso a escala industrial es de suma importancia para llevar un inventario de las entradas y salidas de los componentes, así como de las acumulaciones y consumos, estos balances se realizan por cada una de las operaciones unitarias que intervienen en el proceso de elaboración de las bolitas dulces saborizadas a base de griz de maíz. En los balances realizados a continuación se considera un estado estacionario debido a que no existen acumulaciones. Se rige por la ley de conservación de materia que establece que esta no se crea ni se destruye, solo se transforma.

- **Balance de masa general**

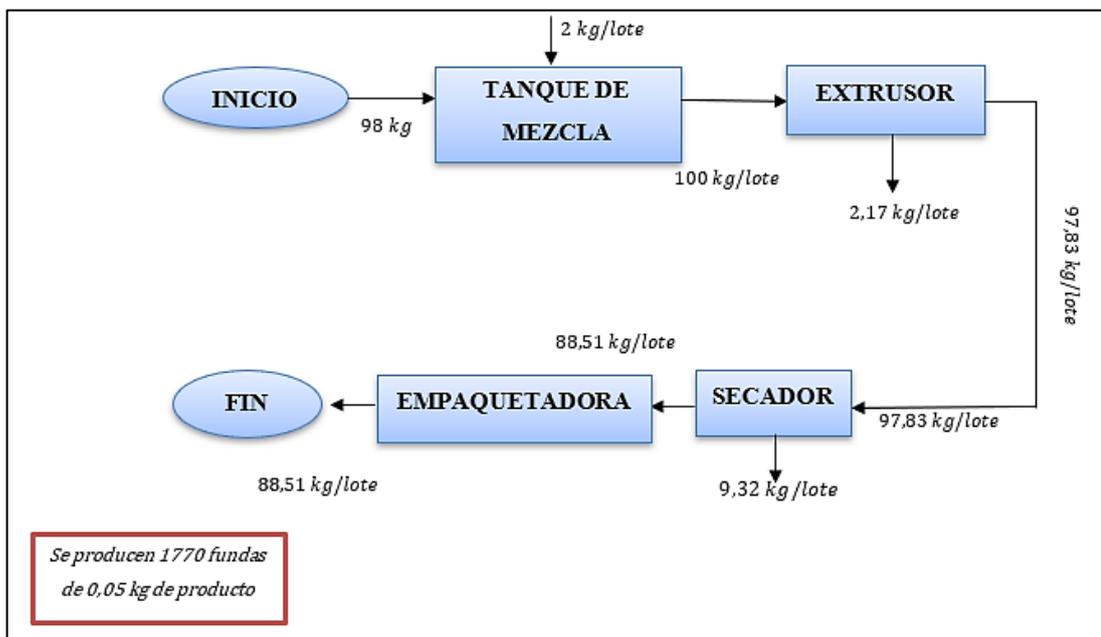
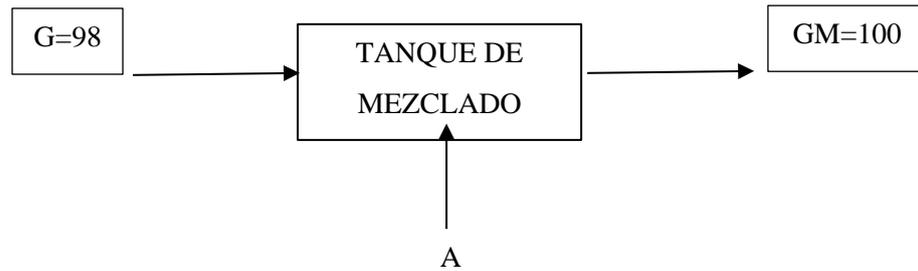


Ilustración 3-4: Balance de masa general

Realizado por: Andrade L., 2023.

- **Tolva o tanque de mezclado**

La primera operación del proceso es la de mezclado, por lo que se realiza un balance de masa para determinar las entradas y salidas del equipo, en este caso a diferencia del balance general, centrado en humedad. Las dos corrientes de entrada corresponden al gritz de maíz y a los aditivos (edulcorantes, colorantes, saborizantes y conservantes).



La ecuación general de un balance de masa global en estado estacionario es:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

Donde:

G: Gritz de maiz

GM: Flujo másico de gritz mezclado

A = Alimentación

Balance de Masa Global:

$$G + A = GM$$

$$98 + A = 100$$

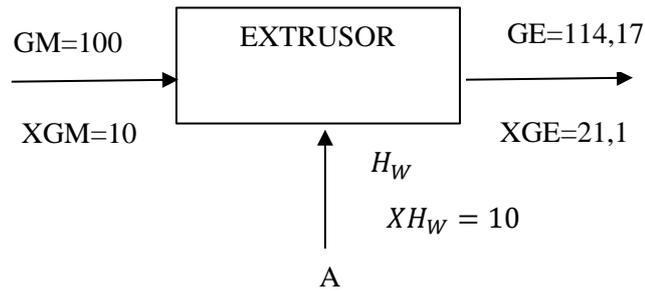
$$A = 1 \text{ kg/lote}$$

$$G + A = GM$$

$$98 + 2 = 100$$

- **Balance del extrusor**

Las corrientes de entrada del extrusor corresponden a la corriente de salida del tanque de mezcla (*GM*), que comprende el gritz de maíz con los aditivos y humedad (*Hw*), ya que al terminar esta operación el producto cuenta con una humectación mayor que con la que cuando ingresó.



Donde:

GE: Flujo másico de griz a la salida del extrusor

Hw = Humedad del producto

Balance de masa global:

$$GM + H_W = GE$$

$$100 + H_W = GE$$

Balance de masa por componentes:

$$GM(XGM) + H_W(XH_W) = GE(XGE)$$

$$100(0,10) + H_W(1) = GE(0,2117)$$

$$10 + H_W = 0,2117GE$$

SISTEMA DE ECUACIONES

$$-100 - H_W = -GE$$

$$10 + H_W = 0,2117GE$$

$$-90 = -0,7883 GE$$

$$GE = 114,17 \text{ kg}$$

BMG:

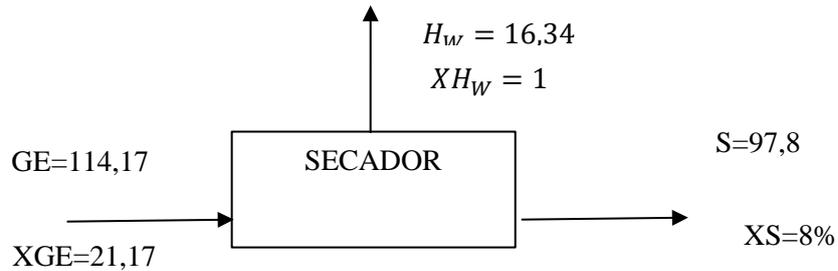
$$100 + H_W = GE$$

$$100 + H_W = 114,17$$

$$H_W = 14,17$$

- **Balance del secador**

En la última operación del proceso se pretende eliminar el exceso de humedad del producto final por lo que se realiza un balance de masa general y por componentes para determinar la corriente de salida y la humedad con la que saldrá el producto al finalizar el proceso, ya que debe estar dentro de los rangos establecidos en la norma INEN correspondiente a snacks extruidos.



Balance de masa general:

$$GE = H_W + S$$

$$114,17 = H_W + S$$

Balance de masa por componentes:

$$GE(X_{GE}) = H_W(X_{H_W}) + S(X_S)$$

$$114,17(0,2117) = H_W(1) + S(0,08)$$

$$24,17 = H_W + 0,08S$$

Sistema de ecuaciones:

$$\begin{array}{r} -114,17 = -H_W - S \\ 24,17 = H_W + 0,08S \\ \hline -90 = -0,92S \\ S = -\frac{90}{-0,92} \\ S = 97,83 \frac{kg}{lote} \end{array}$$

- **Rendimiento del proceso**

Se determina el rendimiento del proceso mediante la siguiente formula:

$$\%Rendimiento: \frac{Materia\ que\ sale}{Materia\ que\ entra} \times 100$$

$$Rendimiento\ Global = \frac{88,51\ kg/lote}{100\ kg/lote} * 100\%$$

$$\%Rendimiento: 88,51 \%$$

Se registra una pérdida de 2.17 kg por cada lote de 100 kg, estas pérdidas corresponden a material remanente que va quedando en cada uno de los equipos. Se obtuvo un rendimiento de 97.83%, un porcentaje alto lo que nos indica una buena productividad del proceso.

3.3.2. Ecuaciones de diseño de tanque de agitación

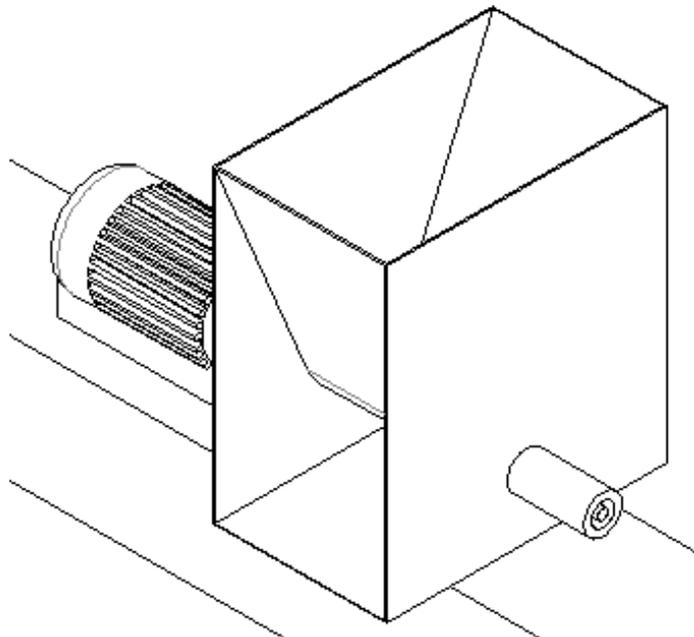


Ilustración 3-5: Tanque de mezcla graficado en AutoCAD

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.2.1. Cálculo de la altura de diseño del tanque

Teniendo en cuenta el diámetro de la base y el volumen de diseño del tanque, se realizan cálculos para determinar la altura del tanque de mezcla, considerando un volumen de 200 litros, que posteriormente se transforman a metros cúbicos.

Donde:

h_i = altura del reactor

V_c = volumen de diseño del reactor

D_i = diámetro de la base del reactor

$$h_i = \frac{4xV_c}{\pi x D_i^2}$$

$$h_i = \frac{4x0,2}{\pi x 0,5^2}$$

$$h_i = 1 \text{ m}$$

3.3.2.2. Determinación del factor de seguridad

Es importante considerar un factor de seguridad, en este caso 1.3 para asegurar el funcionamiento óptimo del equipo a diseñar. Este fue escogido de la siguiente tabla:

Tabla 3-7: Selección de factor de seguridad

SELECCIÓN ORIENTATIVA DE FACTORES DE SEGURIDAD, PARA MATERIALES DÚCTILES		
Información disponible	Fiabilidad de los datos que se disponen	Factor
Ensayos de materiales	El material de diseño ha sido probado en condiciones similares.	A= 1.3
	Características mecánicas de probetas del material ensayado.	A= 2
	Datos fiables de tablas y catálogos genéricos de materiales.	A= 3
	Datos poco fiables de los cuales no sabemos su procedencia.	A> 5
Condiciones de contorno de utilización de material.	Idénticas condiciones a las del material ensayado.	B= 1.3
	La pieza diseñada funcionará en un entorno aislado.	B= 2
	Entorno de utilización moderadamente agresivo.	B= 3
	Entorno de utilización muy agresivo.	B> 5
Procedimientos de diseño y modelado analítico utilizados.	Han sido probados científicamente mediante experimentos.	C= 1.3
	Representan las condiciones de funcionamiento con precisión.	C= 2
	Representan las condiciones de funcionamiento aproximadamente.	C= 3
	Representan las condiciones de funcionamiento con poca precisión.	C> 5

Fuente: (Marín, 2008).

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.2.3. Determinación del volumen real del reactor

Se determina el volumen del reactor teniendo en cuenta el volumen de diseño y el factor de seguridad que en este caso es 1.3:

$V_R =$ volumen real del reactor

$V_c =$ volumen de diseño del reactor

$$V_R = V_c \times (1,3)$$

$$V_R = 0,2 \times (1,3)$$

$$V_R = 0,26 \text{ m}^3$$

3.3.2.4. Cálculo de la altura real del tanque

Al aumentar el volumen del tanque se modificará también su altura ya que son directamente proporcionales, la altura real del tanque se calcula mediante la siguiente ecuación:

Donde:

$h_{iR} =$ altura real del reactor

$V_R =$ volumen real del reactor

$D_i =$ diámetro de la base del reactor

$$h_{iR} = \frac{4 \times V_R}{\pi \times D_i^2}$$

$$h_{iR} = \frac{4 \times 0,26}{\pi \times 0,50^2}$$

$$h_{iR} = 1,32 \text{ m}$$

Tabla 3-8: Valores de diámetro, altura y capacidad del tanque

Parámetro	Valor
Diámetro (m)	0,5
Altura (m)	1,32
Capacidad (m ³)	0,26

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.3. Diseño del sistema de agitación

3.3.3.1. Diámetro del agitador

Para el diseño del sistema de agitación es importante determinar el diámetro del agitador que viene dado por la siguiente fórmula:

$$\frac{DA}{DT} = cte$$

En la siguiente tabla se encuentran las consideraciones de diseño de sistemas de agitación según las dimensiones del tanque:

Tabla 3-9: Consideraciones de diseño de sistemas de agitación

Servicio	Impulsor	Rango	Relaciones-Diámetro tanque a diámetro del impulsor	Altura de tanque y relación de diámetros	Impulsores y posición
Mezclado	Turbina	50%	3:1 hasta 6:1	Ilimitado	Sencillos o múltiples
	Propela	100%			
	Paleta	15%			
	Volumen del tanque	Hasta 500 m ³			

Fuente: (Valiente & Noriega, 1993).

Realizado por: Andrade L., 2023.

Donde:

DA: Diámetro de los agitadores

DT: Diámetro de tanque

$$DA = cte * DT$$

$$DA = 0,33 * 0,5m$$

$$DA = 0,165 m$$

3.3.3.2. Cálculo de la altura del agitador

Otro parámetro importante en el diseño del tanque de agitación es la altura ideal a la que debería colocarse el agitador, viene dado por la siguiente fórmula:

$$\frac{hA}{hi} = cte$$

Donde la constante se considera como una relación 1:2

$$hA = cte * hi$$

$$hA = 0.5 * 1m$$

$$hA = 0,5m$$

3.3.3.3. Cálculo de la Altura óptima de mezclado (*h líquido*)

Otro punto importante es la altura optima de mezclado, que se traduce a la altura ideal o la altura donde el mezclado se da de manera más eficiente:

$$\frac{h_{líquido}}{DT} = cte$$

$$h_{líquido} = cte * DT$$

$$h_{líquido} = 1(0,5m)$$

$$h_{líquido} = 0,5 m$$

3.3.3.4. Cálculo del volumen óptimo

Al conocer la altura optima de mezclado, podemos reemplazar ese valor en la siguiente fórmula y obtener el volumen óptimo:

$$V_o = \frac{\pi O^2 h}{4}$$

$$V_o = \frac{\pi(0,5)(1m)}{4}$$

$$V_o = 0,19 m^3 \rightarrow 98\%$$

Tabla 3-10: Parámetros de Diseño del sistema de agitación

Parámetro	Valor
Diseño de paletas (<i>m</i>)	0,165
Altura de agitador (<i>m</i>)	0,5
Altura óptima de mezclador (<i>m</i>)	0,5
Volumen óptimo de mezclado	0,19

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.3.5. Potencia de agitación

El ultimo parámetro importante a considerar en el diseño del tanque de agitación es la potencia de agitación, para lo que se tendrá en cuenta el número de potencia, el diámetro del agitador y la densidad del fluido a agitar.

$$Np = \frac{P}{N^3 Da^5 \rho}$$

Despejando obtenemos que la potencia se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = Np N^3 Da^5 \rho$$

Donde:

N = Velocidad de rotación (Rps)

Da = Diametro del agitador (m)

ρ = Densidad del fluido ($\frac{kg}{m^3}$)

Np = Número de potencia

P = Potencia

Datos:

N = 600 rpm → 10 rps

D = 0,165 m

ρ = 580 $\frac{kg}{m^3}$

El valor de N_p es igual a 2.2

$$P = 2,2 * 10^3 * 0,165^5 * 580$$

$$P = 156,05 \text{ Wats} \rightarrow 0,156 \text{ Kw} \rightarrow 0,20 \text{ hp}$$

3.3.4. Ecuaciones de diseño del extrusor

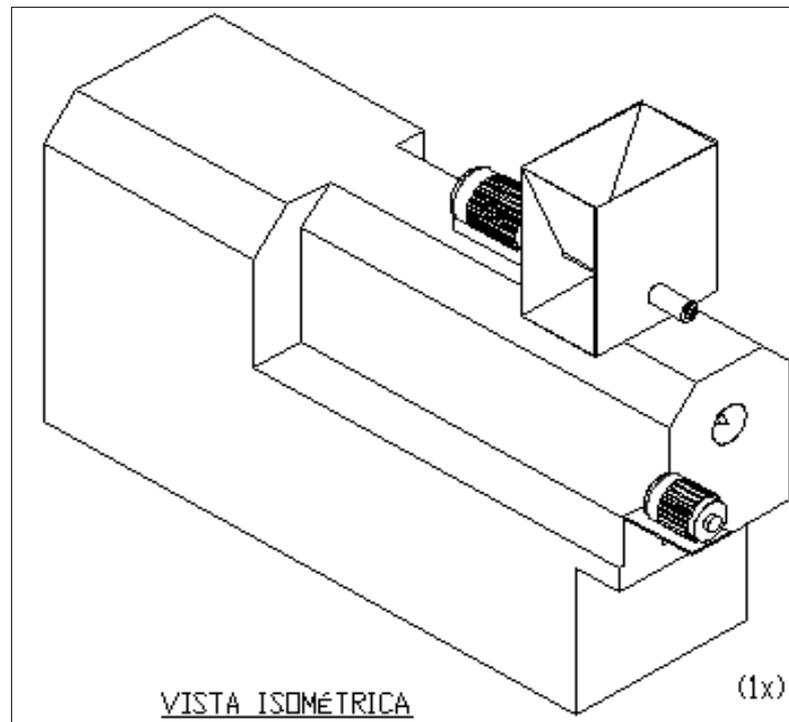


Ilustración 3-6: Extrusor de doble tornillo graficado en AutoCAD

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.4.1. Cálculo de velocidad

Se debe tener en consideración las revoluciones y los radios de las poleas, para calcular la velocidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$N_1 * r_1 = N_2 * r_2$$

Donde:

- N_1 es la velocidad del motor (rev/min)
- N_2 es la velocidad del husillo (rev/min)
- r_1 es el radio de la polea menor (in)
- r_2 es el radio de la polea mayor (in)

$$N_2 = \frac{N_1 * r_1}{r_2} = \frac{(800 \frac{rev}{min}) * 1.5 in}{20 in}$$

$$N_2 = 60 \frac{rev}{min}$$

Con lo cual se determina que la velocidad del husillo es de 60 revoluciones por minuto.

3.3.4.2. Viscosidad efectiva

Para calcular la viscosidad efectiva hay que tener en consideración la velocidad de cortadura, por lo que se calculara primero mediante la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{\pi * D_b * N}{h}$$

- El diámetro interno del barril: 65 mm o 0.065m
- Velocidad: $\frac{60 rev}{60 s}$
- Distancia entre el filete del husillo y el barril: 0.5mm

Donde:

D_b es diámetro interno del barril (mm)

N es velocidad del husillo (revs)

h es distancia entre el filete del husillo y el barril (mm)

$$\gamma = \frac{\pi * D_b * N}{h} = \frac{\pi * 65mm * \frac{60 rev}{60 s}}{0.5mm}$$

$$\gamma = 408.407 \frac{1}{s}$$

3.3.4.3. Potencia requerida

La potencia nos permitirá conocer la potencia del motor requerido para accionar el tornillo donde se necesita el valor del caudal volumétrico y la presión ejercida.

$$P = Q \cdot \Delta P$$

Donde:

P es la potencia en vatios (W).

Q es el caudal volumétrico en metros cúbicos por segundo (m³/s).

ΔP es la presión en pascales (Pa).

3.3.4.4. Cálculo caudal volumétrico

Para el cálculo del caudal volumétrico se necesita el área de la sección transversal del extrusor, además el valor de la velocidad de movimiento del material. Para el cálculo se utiliza la fórmula del caudal volumétrico se puede calcular utilizando la fórmula:

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q es el caudal volumétrico en m³/s.

A es el área de la sección transversal del extrusor en metros cuadrados (m²).

V es la velocidad del material en metros por segundo (m/s).

$$V = 60 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} * 0,508\text{m} = 3,192 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$Q = A \cdot V = (0,2 * 0,370)\text{m}^2 * 3,192 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,236 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.3.4.5. Cálculo de la presión (ΔP)

La presión requerida se puede determinar mediante la fórmula de la ley de viscosidad de Newton:

$$\Delta P = \frac{4 \cdot \mu \cdot L \cdot V}{\pi \cdot D^3}$$

Donde:

μ es la viscosidad del material en pascales segundo ($Pa \cdot s$).

L es la longitud del tornillo en metros (m).

V es la velocidad del material en metros por segundo (m/s).

D es el diámetro del tornillo en metros (m).

$$\Delta P = \frac{4 \cdot \mu \cdot L \cdot V}{\pi \cdot D^3} = \frac{4 \cdot (0,5 Pa \cdot s) \cdot (0,508m) \cdot 3,192 \frac{m}{s}}{\pi \cdot (0,064)^3 m^3} = 3937,919 Pa$$

$$\Delta P = 3937,919 Pa$$

3.3.4.6. Cálculo de la potencia requerida

Para el cálculo de la potencia se utiliza la fórmula

$$P = Q \cdot \Delta P$$

$$P = Q \cdot \Delta P = 0,236 \frac{m^3}{s} * 3937,919 Pa = 929,349 W$$

$$Pot = 929,349 W$$

$$Pot = 929,349 W * \frac{1 Hp}{745.7 W} = 1,246 Hp$$

3.3.4.7. Garganta de alimentación

Para calcular el largo y ancho de la garganta de alimentación, que está unida a la salida de la tolva se debe considerar que el largo debe ser 1.5 veces el diámetro del cilindro, por otro lado, el ancho debe ver 0.7 veces el diámetro del cilindro como se puede observar en la ilustración

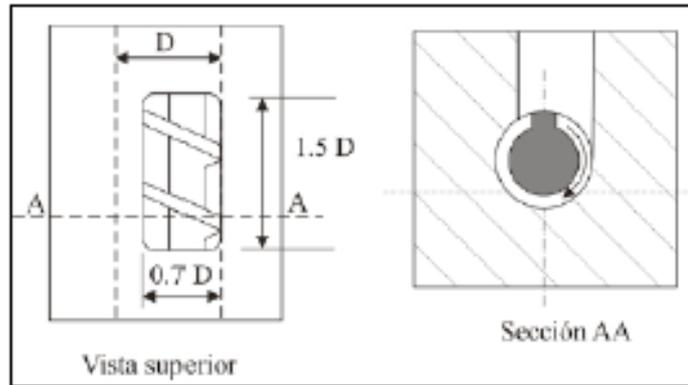


Ilustración 3-7: Garganta de alimentación

Fuente: (BELTRÁN & MARCILLA, 2013).

$$G_L = 1.5 * D_B$$

$$G_a = 0.7 * D_B$$

Donde:

D_B es diámetro interno del barril (mm)

G_L es el largo de la garganta de alimentación (mm)

G_a es el ancho de la garganta de alimentación (mm)

$$G_L = (1.5 * 65)mm = 97.5 mm$$

$$G_a = (0.7 * 65)mm = 45.5 mm$$

3.3.4.8. Tolva

Para facilitar el cálculo del volumen total de la tolva se dividió en dos secciones: un tetraedro que cuenta con las dimensiones (440 x 500 x 370 mm) y un cono truncado con las siguientes dimensiones (500 x 200 x 300 mm). Se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$V_1 = a_1 + h_1 + l_1$$

$$V_2 = \frac{h_2}{3} * (A_M + A_m + \sqrt{A_M * A_m})$$

Donde:

V_1 : es el volumen de la sección tetraédrica de la tolva (mm³)

V_2 : es el volumen del cono truncado (mm³)

- **Volumen 1 de la sección superior de la tolva:**

$$V_1 = (440 + 500 + 370)mm^3$$

$$V_1 = 8.14 * 10^7 mm^3$$

- **Volumen 2 de la sección inferior de la tolva:**

$$V_2 = \frac{h_2}{3} * (A_M + A_m + \sqrt{A_M * A_m})$$

$$V_2 = \frac{300}{3} * (500 + 200 + \sqrt{500 * 200})$$

$$V_2 = 1.016 * 10^5 mm^3$$

- **Volumen total de tolva:**

La sumatoria del volumen 1 y el volumen 2 será el volumen total de la tolva:

$$V_t = V_1 + V_2 = (8.14 * 10^7 + 1.016 * 10^5)mm^3$$

$$V_t = 8.15 * 10^7 mm^3 = 81.5 L$$

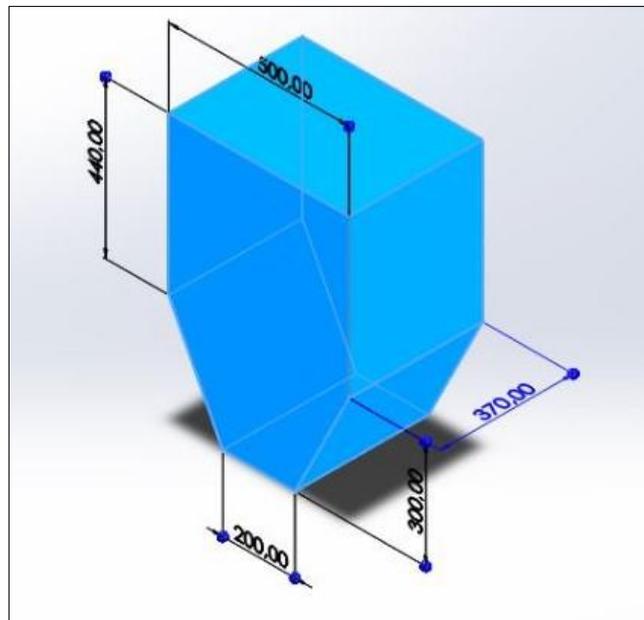


Ilustración 3-8: Volumen total de la tolva

Realizado por: Andrade L., 2023.

- **Presión máxima del tornillo extrusor:**

Se refiere a la presión que ejerce el tornillo en la parte delantera del extrusor, esta región se conoce como zona de dosificación.

Donde

15000000 *Newton / m²*

Esta es la fuerza máxima que resiste el acero 316

$$A = \frac{\pi}{4}(D)^2$$

$$P_{max} = \frac{F}{A}$$

$$P_{max} = \frac{15000}{\frac{\pi}{4}(0.065)^2 m^2} = 4520377,082 Pa$$

$$4520377,082 Pa \frac{1 MPa}{1 \times 10^6 Pa} = 4,52 MPa$$

3.3.4.9. *Gradiente de temperatura*

El extrusor cuenta con varias temperaturas entre la zona de alimentación, mezcla, dosificación y el dado extrusor. De todas estas zonas donde existe un mayor gradiente de temperatura es en la zona de alimentación y mezcla. Por lo que mediante la siguiente formula se calcula la transferencia de calor entre estas dos zonas:

$$Q_{cond.} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

Donde:

k es conductividad térmica del aislante (0.044 W/mk)

A es el área perpendicular a la dirección de transferencia de calor (m²)

T1 es la temperatura de la pared uno (°C)

T2 es la temperatura de la pared dos (°C)

L es la separación entre las dos paredes (m)

Datos

$T_1 = 60\text{ }^\circ\text{C} = 333.15\text{ }^\circ\text{K}$ temperatura de entrada del extrusor

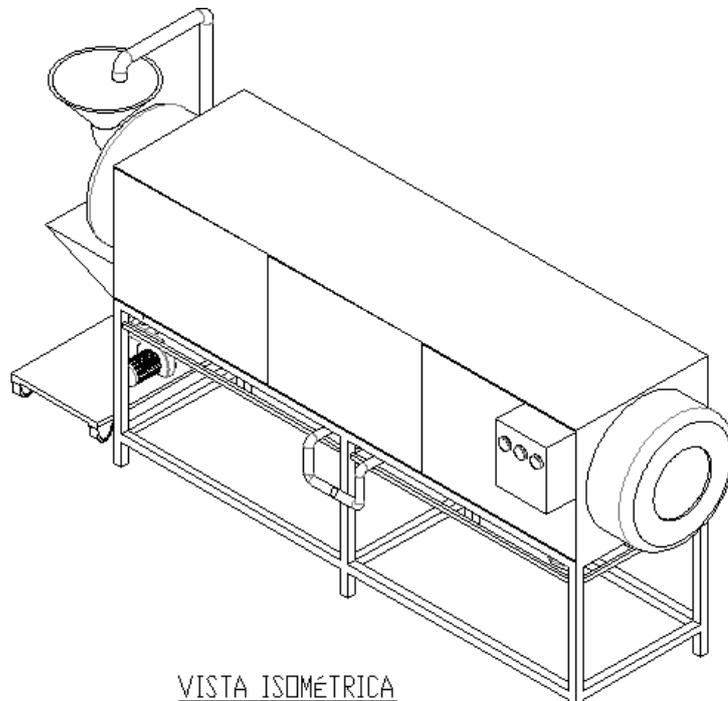
$T_2 = 135\text{ }^\circ\text{C} = 408.15\text{ }^\circ\text{K}$ temperatura de salida del extrusor

$$A = \frac{\pi}{4} (0.065)^2 m^2 = 0.0033 m^2$$

$$Q_{cond.} = \left(0.044 \frac{W}{m^\circ K} \right) (0.0033 m^2) \frac{|333.15 - 408.15|^\circ K}{(0.01 m)}$$

$$Q_{cond.} = 1.089 W$$

3.3.5. Ecuaciones de diseño de secador rotatorio



VISTA ISOMÉTRICA

Ilustración 3-9: Secador rotatorio graficado en AutoCAD

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.5.1. Determinación del porcentaje de humedad inicial

Un parámetro de suma importancia en la operación de secado es la humedad inicial del producto, para obtener este valor se tomó en consideración el peso en húmedo y en seco como se detalla a continuación:

$$H_o = \frac{100 \times (W_H - W_S)}{W_H}$$

Donde:

$W_S =$ Peso en seco (Kg)

$W_H =$ Peso en húmedo (Kg)

$W_S = 1,005$ (Kg)

$W_H = 1,275$ (Kg)

$$H_o = \frac{100 \times (1,275 - 1,005)}{1,275}$$

$$H_o = 21,17\%$$

3.3.5.2. Variación de la humedad

Al ser la humedad un parámetro tan importante, es conveniente analizar la variación de la humedad a lo largo del proceso de secado:

$$\Delta H = \frac{H_o - H_f}{100 - H_f} \times 100$$

Donde:

$H_f =$ Humedad final

$H_o = 21,17$ (%)

$H_f = 8$ (%)

$$\Delta H = \frac{21,17 - 8}{100 - 8} \times 100$$

$$\Delta H = 14,31 \%$$

Mediante la masa de materia húmeda que se ingresara al proceso de secado se puede obtener la masa de agua a evaporarse, esta viene dada por la siguiente ecuación:

$$m_{H_2O} = m_h \left(\frac{\frac{H_o}{100} - \frac{H_f}{100}}{1 - \frac{H_f}{100}} \right)$$

$m_{H_2O} =$ Masa de agua a evaporar

$m_h =$ Masa materia húmeda a ingresar

$$m_{H_2O} = 100 \left(\frac{\frac{21,17}{100} - \frac{8}{100}}{1 - \frac{8}{100}} \right)$$

$$m_{H_2O} = 14,32 \text{ Kg}$$

El restante de la masa de la materia húmeda a ingresar al secado es la masa del producto seco:

$$m_s = m_h - m_{H_2O}$$

$$m_s = 100 - 14,32$$

$$m_s = 85,68 \text{ Kg}$$

Para calcular el volumen de la masa se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_h = \frac{m_h}{\rho_h}$$

Donde:

$V_h = \text{Volumen de la masa (m}^3\text{)}$

$\rho_h = \text{Densidad promedio (}\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\text{)}$

$$V_h = \frac{100}{500}$$

$$V_h = 0,2 \text{ m}^3$$

3.3.5.3. Humedad en base seca y húmeda

Mediante la siguiente ecuación se realiza el cálculo de la humedad en base seca:

$$m_s = 78,83 \text{ (Kg)}$$

$$m_h = 21,17 \text{ (Kg)}$$

$$H_{bs} = \frac{m_h}{m_s}$$

$$H_{bs} = \frac{21,17}{78,83}$$

$$H_{bs} = 0,27 \text{ Kg}$$

Por lo que la humedad en base húmeda es:

$$H_{bh} = \frac{m'_h}{m'_s}$$
$$H_{bh} = \frac{8}{92}$$
$$H_{bh} = 0,087 \text{ Kg}$$

3.3.5.4. Calor necesario en el proceso de secado

El balance de energía está definido por la siguiente ecuación:

$$q_t = q_e + q_s + q_l + q_v + q_{hr} + q_p$$

q_e = Calor de evaporación

q_s = Calor sensible

q_l = Calor al líquido

q_v = Calor al vapor de agua

q_{hr} = Calor humedad residual

q_p = Pérdida de calor desde el secador a sus alrededores

3.3.5.5. Calor de evaporación

Este se refiere a la energía requerida para que una sustancia cambie de fase, en este caso el agua al evaporarse y se calcula por la siguiente fórmula:

$$q_e = E \times h_{fg}$$

$$E = \frac{m_s(H_{bs} - H_{bh})}{t}$$

Donde:

E = Velocidad de evaporación

t = Tiempo en el que se llevara a cabo el secado

h_{fg} = Calor latente de evaporización de agua

$t = 3600 \text{ s}$

$$h_{fg} = 2260 \frac{KJ}{Kg}$$

$$m_s = 78,83 Kg$$

$$H_{bs} = 0,27 Kg$$

$$H_{bh} = 0,087 Kg$$

$$E = \frac{m_s(H_{bs} - H_{bh})}{t}$$

$$E = \frac{78,83(0,27 - 0,087)}{3600}$$

$$E = 4,00 \times 10^{-3} \frac{Kg}{s}$$

$$q_e = 4,00 \times 10^{-3} \times 2260$$

$$q_e = 9,04 KW$$

3.3.5.6. Calor sensible

Se refiere al calor que recibe una sustancia sin que afecte su estructura molecular y su estado, viene dada por la siguiente ecuación donde se reemplazan las temperaturas tanto de entrada como de salida en grados Celsius:

$$q_s = \frac{(m_s C_p (T_{sh} - T_{eh}))}{t}$$

T_{eh} = Temperatura de entrada °C

T_{sh} = Temperatura de salida °C

C_p = Calor específico $\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$

$$C_p = 1,675 + (0,025 \times Ho)$$

$$C_p = 1,675 + (0,025 \times 21,17)$$

$$C_p = 2,20 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$q_s = \frac{78,83 \times 2,20 \times (40 - 137)}{3600}$$

$$q_s = 4,67 KW$$

3.3.5.7. Cálculo del calor al líquido

Es el calor que recibe el líquido para su precalentamiento, en otras palabras, es la temperatura que alcanza la sustancia antes de evaporarse:

$$q_l = \frac{m_s \times H_{bs} \times C_{pf}(T_{bhg} - T_{eh})}{t}$$

Donde:

$$T_{bhg} = 37,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pf} = 4,179 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$q_l = \frac{78,83 \times 0,27 \times 4,179(37,62 - 137)}{3600}$$

$$q_l = -2,47 \text{ KW}$$

3.3.5.8. Calor al vapor de agua

Cantidad de energía necesaria para convertir un gramo de líquido en gas, calculada teniendo en cuenta la temperatura del gas de salida y el calor específico del agua saturada de vapor de agua:

$$q_v = ExC_{pg}x(T_{sg} - T_{bhg})$$

Donde:

$$T_{sg} = \text{Temperatura del gas de salida, } (^\circ\text{C})$$

$$C_{pg} = \text{Calor específico del agua saturada en vapor, } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$$

$$q_v = (4,00 \times 10^{-3})(1,93)(50 - 37,62)$$

$$q_v = 0,1 \text{ KW}$$

3.3.5.9. Calor de la humedad residual

Se refiere al calor que adquiere el agua que no logro evaporarse y se expresa mediante la ecuación:

$$q_{hr} = \frac{m_s \times H_{bh} \times C_{pf} \times (T_{sh} - T_{eh})}{t}$$
$$q_{hr} = \frac{78,83 \times 0,087 \times 4,179 \times (40 - 137)}{3600}$$

$$q_{hr} = -0,77 \text{ KW}$$

En este cálculo se obtuvo un valor negativo, esto se debe a que el producto entra al secador con una temperatura alta al salir del extrusor, esto debido a que el secador opera con una temperatura menor a la del extrusor.

3.3.5.10. Pérdida de calor desde el secador a sus alrededores

El calor total, siendo la sumatoria de todos los calores antes calculados:

$$q_t = q_e + q_s + q_1 + q_v + q_{hr} + q_p$$
$$q_p \rightarrow \text{se desprecia}$$

$$q_t = (9,04 - 4,57 - 2,47 + 0,1 - 0,77 + 0)$$
$$q_t = 1,33 \text{ KW}$$

3.3.6. Dimensionamiento de secador

Se realizan los cálculos correspondientes al diseño del secador que forma parte del proceso de elaboración del producto. Como primer punto se busca calcular la velocidad másica del gas:

$$G = \frac{q_t}{C_{pa}(T_{eg} - T_{sg})}$$

Donde:

$$G = \text{Velocidad másica de aire,} \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{s}}\right)$$

$$C_{pa} = \text{Calor específico del gas promedio,} \quad \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$$

$$C_{pa} = 1 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right)$$

$$G = \frac{1,33}{1(67,62 - 50)}$$

$$G = 0,075 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

3.3.6.1. Cálculo del diámetro de secador

El diámetro del secador puede ser calculado considerando el flujo másico por unidad superficial que se calcula a continuación para poder ser reemplazado en la fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{4xG}{0,95x\pi xF}}$$

Donde:

$$D = \text{Diámetro del secador,} \quad (m)$$

$$F = \text{Flujo másico por unidad superficial,} \quad \left(\frac{\text{Kg}}{\text{sm}^3}\right)$$

$$v = \text{Velocidad del aire,} \quad \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$$

$$F = vx\rho_{\text{aire}}$$

$$F = 2,25x1$$

$$F = 2,25 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2\text{s}}\right)$$

$$D = \sqrt{\frac{4xG}{0,95x\pi xF}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,075}{0,95 \times \pi \times 2,25}}$$

$$D = 0,211 \text{ m}$$

3.3.6.2. Cálculo de la longitud del secador

Una vez obtenido el diámetro del secador rotatorio, podemos calcular la longitud del secador rotatorio mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{D} = R$$

Donde:

L = Longitud del secador

R = Razón del diámetro longitudinal

$$L = 4D$$

$$L = 4 \times 0,211$$

$$L = 0,84 \text{ m} \quad \approx \quad L = 1$$

3.3.6.3. Tiempo de retención

Se traduce como el tiempo requerido de secado, aunque en condiciones reales este valor puede llegar a diferir:

$$t_{\theta} = \frac{60 \times \pi \times D^2 \times L \times f \times \rho \times h}{4 \times m_h}$$

Donde:

f = Porcentaje de llenado para dispositivos circulares $\rightarrow 25\%$

$f = 0,25$

$$t_{\theta} = \frac{60 \times \pi \times D^2 \times L \times f \times \rho \times h}{4 \times m_h}$$

$$t_{\theta} = \frac{60 \times \pi \times (0,211)^2 \times (1) \times (0,25) \times (500)}{4 \times 100}$$

$$t_{\theta} = 2,62(\text{min}) \times \frac{60(\text{s})}{1(\text{mn})}$$

$$t_{\theta} = 157,2$$

3.3.6.4. Cálculo de las revoluciones por minuto del cilindro

Al contar con un tambor rotatorio, las revoluciones por minuto optimas a las que debería operar el cilindro del secador son un parámetro muy importante:

$$w = \frac{10}{D}$$

$$w = \frac{10}{0,211}$$

$$w = 47,39 \text{ (RPM)}$$

3.3.6.5. Cálculo del volumen del secador

Para un diseño eficiente se debe calcular cual sería el volumen optimo del secador rotatorio y este se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{t_{\theta} \times m_h}{t \times 0,25 \times \rho_h}$$

Donde:

$V_s = \text{Volumen del secador total,}$ (m^3)

$$V_s = \frac{t_{\theta} \times m_h}{t \times 0,25 \times \rho_h}$$

$$V_s = \frac{157,2 \times 100}{3600 \times 0,25 \times 500}$$

$$V_s = 0,035 \text{ m}^3 \approx 35L$$

3.3.7. Factibilidad económica del proyecto

El estudio de la factibilidad económica es de suma importancia para conocer si la puesta en marcha del proyecto supone una buena inversión y va a ser rentable. Se ha establecido una base de cálculo de un lote de 100 kg, teniendo en cuenta que existe una línea completa de snacks extruidos que se producen a la par de las bolitas dulces saborizadas.

3.3.7.1. Inversión fija

Se refiere a la inversión inicial para la adquisición de maquinaria y equipos que se utilizaran en el proceso productivo como se detalla a continuación:

Tabla 3-11: Presupuesto de inversión fija del proyecto

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Extrusor y Tolva	1	\$28,000.00	\$28,000.00
Horno	1	\$14,500.00	\$14,500.00
Enfriador	1	\$8,500.00	\$8,500.00
Empaquetador	1	\$6,600.00	\$6,600.00
TOTAL			\$57,600.00

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.7.2. Capital de trabajo

Se calcula la cantidad de efectivo necesario para que la empresa pueda cubrir los gastos de producción.

Tabla 3-12: Total de capital de trabajo

Capital Propio	\$15,000.00
Financiamiento	\$0.00
Total, Capital de Trabajo	\$15,000.00

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.7.3. Inversión total

La sumatoria de la inversión fija correspondiente a la adquisición de equipos y el capital de operaciones da como resultado la inversión total necesaria para la puesta en marcha del proyecto.

Tabla 3-13: Inversión total

		%
Activos Fijos	\$57,600.00	79%
Capital de Trabajo	\$15,000.00	21%
Inversión Total	\$72,600.00	100%

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.7.4. Proyección de gastos de producción

Las cantidades en la siguiente tabla corresponden a las necesarias para una producción diaria de 100 kg, teniendo en cuenta la materia prima e insumos que incluyen los aditivos necesarios para que se pueda obtener el producto final, sueldos de las personas que laboran en la empresa y están involucrados en la producción y los servicios básicos.

Tabla 3-14: Costos de materia prima e insumos

Materias primas e insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Diario	Costo semanal	Costo mes	Costo año
Gritz de maíz	100	kg	\$30.00	\$30.00	\$150.00	\$3,000.00	\$36,000.00
Chicle	0.5	kg	\$22.00	\$11.00	\$55.00	\$1,100.00	\$13,200.00
Fresa	0.5	kg	\$12.00	\$6.00	\$30.00	\$600.00	\$7,200.00
Vainilla	0.5	kg	\$7.50	\$3.75	\$18.75	\$375.00	\$4,500.00
Colorante rojo	0.5	kg	\$1.10	\$0.55	\$2.75	\$55.00	\$660.00
Colorante azul	0.5	kg	\$1.10	\$0.55	\$2.75	\$55.00	\$660.00
Azúcar	1	kg	\$1.00	\$1.00	\$5.00	\$100.00	\$1,200.00
TOTAL				\$52.85	\$264.25	\$5,285.00	\$63,420.00

Realizado por: Andrade L., 2023.

Tabla 3-15: Costo de trabajadores en la empresa

Personal	Cantidad	Salario Mensual (\$)	Décimo tercero	Décimo cuarto	Salario mensual por recibir	Salario anual por recibir
Técnico	1	\$900.00	\$75.00	\$37.50	\$1,012.50	\$12,150.00
Operario	2	\$550.00	\$45.83	\$37.50	\$633.33	\$7,600.00
TOTAL			\$120.83	\$75.00	\$1,645.83	\$19,750.00

Realizado por: Andrade L., 2023.

Tabla 3-16: Costos de servicios básicos

Servicio	Consumo diario	Costo mensual (\$)	Costo Anual (\$)
Electricidad (KW/h)	\$10.00	\$200.00	\$2,400.00
Agua Potable (m³)	\$8.00	\$160.00	\$1,920.00
Gas (tanque)	\$4.50	\$90.00	\$1,080.00
TOTAL	\$22.50	\$450.00	\$5,400.00

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.7.5. Costo de producción anual

Tabla 3-17: Costos de producción anual

Denominación	Costo total (\$)	%
Material directo (materia prima)	\$63,420.00	72%
Mano de obra	\$19,750.00	22%
Servicios básicos	\$5,400.00	6%
TOTAL	\$88,570.00	100%

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8. Cálculo del precio de venta al público

3.3.8.1. Cálculo de unidades a producir

Se realiza el cálculo de las unidades producidas, para posteriormente calcular el precio de venta al público.

Tabla 3-18: Unidades producidas

Cantidad de cada unidad (Kg)	0.05
Cantidad utilizada a diario (kg)	100
Fundas de cereal diarias	2000
Fundas de cereal mensuales	40000
Fundas de cereal anuales	480000

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8.2. Cálculo de PVP

Se debe calcular el precio con el que se comercializará el producto, teniendo en cuenta todos los costos que implica su producción y el margen de utilidad o ganancia que en este caso sería del 30%.

$$PVP = \frac{\frac{\text{Costos totales de producción}}{\text{Unidades producidas}}}{1 - \text{Margen de ganancia}}$$

$$PVP = \frac{\frac{88570}{480000}}{1 - 30\%}$$

$$PVP = \$0.26$$

Nos da un valor de 26 ctvs. Por cada unidad de producto de 50 g, siendo este un precio competitivo con productos similares existentes en el mercado.

3.3.8.3. Puesta en marcha del proyecto

Tabla 3-19: Ingresos anuales

Producto	Cantidad de unidades que sale al mercado	Precio de Venta	Ingresos diarios \$	Ingresos semanales \$	Ingresos mensuales \$	Ingresos anuales \$
Bolitas de queso cheddar	2000	\$0.26	\$527.20	\$2,636.01	\$10,544.05	\$126,528.57

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8.4. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio se define como la cantidad de ventas necesarias para que la empresa empiece a generar ganancias y de esta manera saber si el proyecto es viable y rentable. Se realiza el cálculo aplicando la siguiente formula:

Tabla 3-20: Punto de equilibrio

Costos Fijos Totales		\$25,150.00
Costos Variables Unitarios		\$0.13
Precio de Venta unitario		\$0.26
PE	\$50,424.11	\$
PE	191,289	unidades

Realizado por: Andrade L., 2023.

Los resultados indican que la empresa requiere vender \$ 50424.11 para alcanzar el punto de equilibrio, es decir 191289 unidades de producto.

3.3.8.5. Utilidad neta

Por prevención de cambios en el mercado, aumento de precios o competencias, se prevé un reajuste del 2% y un incremento de ventas de 2.5 %.

Tabla 3-21: Ganancia neta

Ingresos anuales	\$126,528.57
Costos anuales	\$88,570.00
Utilidad Neta	\$37,958.57

Realizado por: Andrade L., 2023.

La utilidad neta se proyecta a 5 años para poder conocer en qué tiempo se recuperará la inversión inicial:

Tabla 3-22: Flujo de caja en 5 años proyectados

Parámetro	Años Proyectados				
	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas anuales	\$126,528.57	\$129,691.79	\$132,934.08	\$136,257.43	\$139,663.87
Costo de producción anual	\$88,570.00	\$90,341.40	\$92,148.23	\$93,991.19	\$95,871.02
Utilidad neta o flujo de carga	\$37,958.57	\$39,350.39	\$40,785.85	\$42,266.24	\$43,792.85

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8.6. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN consiste en los flujos futuros restando la inversión inicial para poder determinar la rentabilidad del proyecto. Este se rige por las siguientes condiciones:

$VAN < 0$ el proyecto genera pérdidas por lo que debería ser rechazado.

$VAN > 0$ el proyecto es viable obteniendo ganancias.

$VAN = 0$ el proyecto no genera ni beneficios ni pérdidas

Fórmula

$$I = \frac{F}{(1 - i)^n}$$

I = inversión de cada año.

F = flujo de caja estimado en cada año

i = tasa de interés que se exige a la inversión.

n = número de periodos de tiempo (años)

Tabla 3-23: Valor actual neto del proyecto

Inversión inicial		\$72,600.00			
Año	Tiempo (n)	Flujo de caja	Tasa de descuento	Ecuación	I
	0	-\$72,600.00	10%	$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$	-\$72,600.00
2023	1	\$37,958.57			\$34,507.79
2024	2	\$39,350.39			\$32,520.98
2025	3	\$40,785.85			\$30,643.01
2026	4	\$42,266.24			\$28,868.41
2027	5	\$43,792.85			\$27,191.92
TOTAL				VAN	\$81,132.11

Realizado por: Andrade L., 2023.

Se obtuvo un valor actual neto de \$164368.63, considerando un 10% de interés.

3.3.8.7. Tasa interna de retorno (TIR)

El cálculo del TIR es fundamental para comprobar la viabilidad del proyecto, ya que se determina si la tasa de rentabilidad es mayor a la tasa de interés, este cálculo se realiza mediante el uso de Microsoft Excel, de acuerdo con los siguientes parámetros:

$TIR < i$ el proyecto es rechazado.

$TIR > i$ el proyecto es aceptado.

$TIR = i$ el proyecto indistinto.

3.3.8.8. Cálculo de TIR

Obtenemos un TIR de 47%, valor mayor a la tasa de interés por lo tanto se concluye que el proyecto es rentable.

Tabla 3-24: Tasa interna de retorno

Inversión inicial		-\$72,600.00
Flujo de caja	2023	\$37,958.57
	2024	\$39,350.39
	2025	\$40,785.85
	2026	\$42,266.24
	2027	\$43,792.85
TIR		47%

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8.9. Periodo de recuperación

Mediante este cálculo se determinará el periodo de tiempo en el cual se recupera la inversión y cuando se empiezan a ver las ganancias:

Tabla 3-25: Periodo de recuperación del proyecto

Años	Flujo de Caja	Flujo acumulado
0	-\$72,600.00	-\$72,600.00
1	\$37,958.57	-\$34,641.43
2	\$39,350.39	\$4,708.96
3	\$40,785.85	\$45,494.81
4	\$42,266.24	\$87,761.05
5	\$43,792.85	\$131,553.90

Realizado por: Andrade L., 2023.

3.3.8.10. Beneficio costo del proyecto

Tabla 3-26: Beneficio costo

RELACIÓN COSTO BENEFICIO				
Año	Beneficios	Beneficios actualizados	Costos	Costos actualizados
0			\$42,600.00	\$ 42,600.00
1	\$37,958.57	\$ 34,507.79	\$88,570.00	\$ 80,518.18
2	\$39,350.39	\$ 32,520.98	\$90,341.40	\$ 74,662.31
3	\$40,785.85	\$ 30,643.01	\$92,148.23	\$ 69,232.33
4	\$42,266.24	\$ 28,868.41	\$93,991.19	\$ 64,197.25
5	\$43,792.85	\$ 27,191.92	\$95,871.02	\$ 59,528.36
SUMA		\$ 153,732.11		\$ 390,738.43
RELACIÓN B / C			0.39	

Realizado por: Andrade L., 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización del producto final

4.1.1. Caracterización fisicoquímica y bromatológica de las bolitas de maíz dulces saborizadas

Se realizar la validación técnica del diseño propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto, se establecen los requisitos que deben cumplir los bocaditos o snacks elaborados a partir de gritz de maíz mediante la norma 2561:2010.

Tabla 4-1: Requisitos microbiológicos de las bolitas de maíz saborizadas

Requisito	n	c	m	M	Resultado obtenido
Recuento estándar en placa ufc/g	7,0 *	7,0 *	8,0 *	NTE INEN 519	<0,01
Mohos ufc/g	1,0 *	1,0 *	1,0 *	NTE INEN 520	<0,01
E coli ufc/g	2,25 *	2,25 *	2,0 *	NTE INEN 523	<0,01

Fuente: (NORMA TECNICA ECUATORIANA, 2010)

Realizado por: Andrade L., 2023.

En la tabla 4-1 se observa los valores obtenidos como resultado de la caracterización del producto final, en este caso las bolitas dulces saborizadas a base de gritz de maíz según la norma INEN 2561:2010. Se concluye que el producto es apto para el consumo humano, dado que los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma.

Tabla 4-2: Requisitos bromatológicos de las bolitas de maíz saborizadas

Requisito	Máximo	Método de ensayo	Resultado
Humedad %	5	NTE INEN 518	3,2
Grasa %	40	NTE INEN 523	3,5
Índice en peróxidos meq O ₂ /kg	10	NTE INEN 277	3
Colorantes	Permitidos en NTE INEN 2 074		

Fuente: (NORMA TECNICA ECUATORIANA, 2010).

Realizado por: Andrade L., 2023.

En la tabla 4-2 se detallan los valores obtenidos, así como los valores máximos recomendados en la norma INEN 2561:2010, de esta manera se puede hacer una comparación llegando a la conclusión que el producto se encuentra dentro del rango por lo que son seguros para su consumo.

4.2. Resultados de dimensionamiento de equipos

En las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos en el dimensionamiento de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de producción de bolitas dulces saborizadas a base de gritz de maíz:

Tabla 4-3: Resultados obtenidos en dimensionamiento del tanque de mezcla

Tanque de mezcla		
	Valores obtenidos	Unidades
Altura del reactor	1	m
Diámetro del agitador	0.165	m
Altura óptima de agitación	0.5	m
Volumen óptimo	0.19	m ³

Realizado por: Andrade L., 2023.

Tabla 4-4: Resultados obtenidos en dimensionamiento del extrusor de doble tornillo

Extrusor de doble tornillo		
	Valores obtenidos	Unidades
Capacidad máxima	150	kg
Velocidad	60	rpm
Consumo de energía	25 a 35	kW/h
Longitud del tornillo	1050	mm
Diámetro del tornillo	65	Mm
Dimensiones	1.6x0.9x1.9	m
Volumen del tanque	40	l
Potencia total	33.5	kW
Potencia de calentamiento	10	kW
Motor principal	22	kW
Motor de corte	0.75	kW
Motor alimentador	0.75	kW

Realizado por: Andrade L., 2023.

Tabla 4-5: Resultados obtenidos en dimensionamiento del secador rotatorio

Secador rotatorio		
	Valores obtenidos	Unidades
Capacidad máxima	150	kg
Diámetro externo del cilindro	0,78	m
Diámetro interno del cilindro	0.5	m
Cubierta, largo	3.16	m
Cubierta, ancho	0.91	m
Diámetro de tolva de alimentación	0.59	m
Longitud de tolva de alimentación	0.43	m
Longitud de tolva 2	1.55	m
Diámetro tolva 2	0.68	m

Realizado por: Andrade L., 2023.

4.3. Análisis de la curva de secado

Se obtuvieron datos experimentales de diferencia de peso al realizar el proceso de secado a nivel de laboratorio:

Tabla 4-6: Datos de pesos, despreciando peso de bandejas

Tiempo (h)	PESO 1 g	PESO 2 g	PESO TOTAL
0	61	55	116
0.5	56	49	105
1	52	45	97
1.5	48	41	89
2	45	38	83
2.5	43	36	79
3	42	35	77
3.5	42	35	77

Realizado por: Andrade L., 2023.

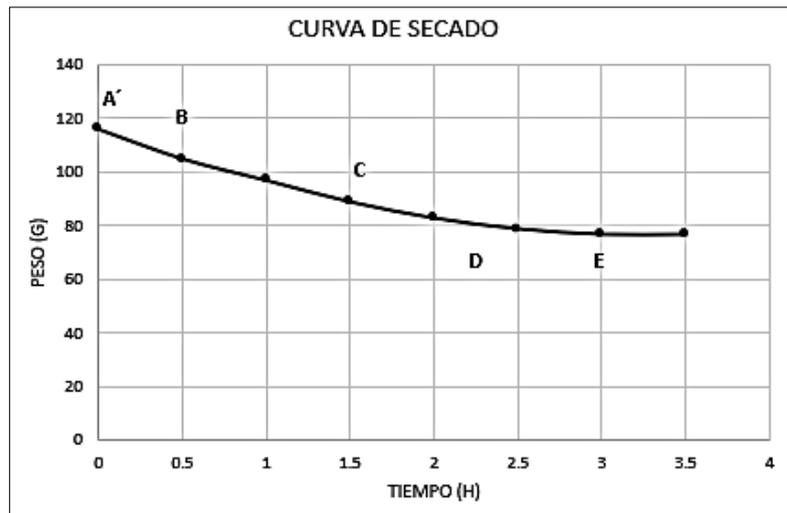


Ilustración 4-1: Curva de secado

Realizado por Andrade L., 2023.

4.3.1. *Periodos de secado*

Tramo A'B: sólido caliente

Tramo BC: Tramo recto, pendiente constante y velocidad constante.

Tramo CD: Es lineal, la velocidad de secado decrece y se denomina Primer periodo de Velocidad Decreciente.

Tramo DE: La velocidad de secado disminuye, se considera Segundo periodo de Velocidad Decreciente

CONCLUSIONES

- Se diseñó el proceso de elaboración de bolitas dulces saborizadas a base de gritz de maíz en la microempresa AGUS SNACK, orientado a 5 días laborables a la semana, con una producción de 4000 unidades de producto en presentaciones de 50 g cada una. Este corresponde a un proceso por lotes donde teniendo en cuenta que se produce una línea completa de productos, se tienen dos lotes de 100 kg/h, donde intervienen operaciones unitarias como el secado, extrusión y agitación.
- Se realizó la caracterización física, química y microbiológica correspondiente a la materia prima maíz mediante la norma técnica INEN 187:2013, esta se llevó a cabo en el laboratorio de bromatología de la facultad de ciencias de la ESPOCH, algunos de los resultados obtenidos fueron proporcionados por análisis externos realizados a la materia prima, como fibras, proteínas y aflatoxinas, obteniendo resultados dentro de los rangos establecidos en la norma.
- Se identificó las distintas variables y operaciones necesarias para el diseño del proceso industrial de elaboración de los snacks dulces saborizados, siendo la temperatura, el tiempo y el porcentaje de humedad parámetros esenciales para que el proceso de producción pueda desarrollarse correctamente y se pueda asegurar la obtención de un producto que cumpla con los estándares de calidad requeridos.
- Se aplicaron cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del diseño propuesto, estos cálculos se realizaron por cada uno de los equipos principales que componen el proceso, siendo estos el tanque de agitación, extrusor y secador rotatorio. Estos equipos fueron diseñados para una capacidad máxima de 150 kg/h y una producción de 100 kg/h.
- Se realizó la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto con base a la norma INEN 2561:2010 y distintos cálculos financieros concluyendo así que el proyecto es rentable, debido a que se obtuvo un TIR del 72% que al ser superior al 10% que es la tasa que se estipula como interés, se puede decir que es viable económicamente. Según los cálculos realizados se puede llegar a la conclusión de que se recuperará la inversión en un período de tiempo de 1.34 años o 16 meses, el precio de venta al público de cada presentación de 50 g es de 15 ctvs., siendo un valor competitivo en el mercado con productos similares.

RECOMENDACIONES

- Utilizar todas las medidas de seguridad como EPP, protección auditiva, etc. para evitar accidentes que puedan comprometer la integridad física de los operarios al momento de trabajar con los equipos que trabajan a altas temperaturas y producen ruidos fuertes.
- Controlar cuidadosamente las variables que intervienen en el proceso de producción para garantizar la calidad e inocuidad del producto final para su posterior comercialización.
- Implementar un sistema de control de calidad en cada etapa del proceso para asegurar la consistencia y la calidad del producto final. Definir estándares y especificaciones para producto terminado.
- Considerar la incorporación de prácticas sostenibles y socialmente responsables en el proceso de elaboración. Esto podría incluir el uso de ingredientes locales, reducción del desperdicio, o empaques eco-amigables.
- Realizar pruebas de evaluación sensorial con consumidores para obtener retroalimentación sobre el sabor, textura, aroma y aceptación general del producto. Esto ayudará a identificar preferencias y ajustar las formulaciones según los gustos del mercado objetivo.
- Investigar y analizar el mercado potencial para las bolitas dulces saborizadas. Identificar segmentos de consumidores, tendencias y oportunidades de comercialización.

BIBLIOGRAFÍA

BASANTES, Rodrigo. *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador*. [en línea] 1ª ed. Guayaquil-Ecuador, 2015. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: www.repositorio.espe.edu.ec.

BAWA Susana & OKARIAWAN, I. "Rice husk energy rotary dryer experiment for improved solar drying thermal performance on cherry coffee". *Case Studies in Thermal Engineering* [en línea], 2023, (Indonesia), vol. 41, pág. 3. [Consulta: 25 agosto 2023]. ISSN 1026-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102616>

BOUVIER, J. & CAMPANELLA, O. *Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials*. [en línea] 1ª ed. Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK, 2014. [Consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781118541685.fmatter>

BURBANO, V. Efecto de la mezcla gritz de maíz zea mays fréjol phaseolus vulgaris l y diámetro de boquilla en el producto extrusado. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2018. págs. 13-14. [Consulta: 2023-08-27]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8456>

Chalaca, B. (2022). Diseño y fabricación de una máquina mezcladora de paletas con chopper para una capacidad de mezcla de 1000 kilogramos de sal. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. 2022. págs. 78. [Consulta: 2023-08-27]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/26247>

MALDONADO, C. & SOTOMAYOR, Y. Elaboración de un snack extruido expandido: a base de chocho y gritz de maíz. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad San Francisco. Quito-Ecuador. 2010. págs. 29-30. [Consulta: 2023-08-28]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/147378539.pdf>

GRASSO, S. (2020). "Extruded snacks from industrial by-products: A review". *Trends in Food Science and Technology*, [en línea], 2020, (Reading, RG6 6AR, UK), vol. 99, págs. 284–285. [Consulta: 05 septiembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.012>

MARÍN, J. M. (2008). *Apuntes de diseño de máquinas*. [en línea] 2ª ed. San Vicente, 2008. [Consulta: 19 septiembre 2023]. Disponible en: www.fullengineeringbook.net

MASKAN, Medeni., & ALTAN, Aylin. *Advances in food extrusion technology*. [en línea] 1ª ed. Boca Raton, 2012. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/b11286>

NTE INEN 2 561:2010. Norma técnica ecuatoriana.

NTE INEN 187:2013 Cereales y leguminosas. Maíz en grano. Requisitos.

OLALLA, W. (2019). Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y haba (*Vicia faba*) nixtamalizados. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 2019. pág. 17. [Consulta: 2023-09-29]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30179>

PALIWAL, R. & VIOLIC, A. *Tropical maize: improvement and production*. [en línea] 1ª ed. Semantic Scholar, 2000, págs. 1-363. [Consulta: 01 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013056003>

SERNA, S. & Carrillo, E. Food uses of whole corn and dry-milled fractions. In *Corn: Chemistry and Technology, 3rd Edition* [en línea], 2018, pág. 435. [Consulta: 30 September 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00016-4>

TERÁN, A. Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de una máquina mezcladora para la producción de pinturas plástico. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2013. págs. 91-100. [Consulta: 2023-09-29]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/17304/1/17304.pdf>

URANGO, L. *Componentes del maíz en la nutrición humana*. [en línea] 1ª ed. Mexico, 2018. [Consulta: 30 agosto 2023]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article>

URIBE, A., & MURRIETA, E. "Agitación y mezclado Stirling and mixing". [en línea], 2012, (España), vol. 4 (1), págs. 22-23. [Consulta: 20 noviembre 2023]. ISSN 1988-326. Disponible en: <https://docplayer.es/2344140-Agitacion-y-mezclado-stirring-and-mixing.html>

VALIENTE, A., & NORIEGA, J. *Manual del ingeniero químico*. [en línea], 1993, (México), vol. 121 (1), págs. 521-578. [Consulta: 26 noviembre 2023]. ISSN 968-18-4487-4. Disponible en:

<https://dokumen.tips/documents/manual-del-ingeniero-quimico-antonio-valiente-jaimenoriega.html?page=6>

VALLADARES, C. Taxonomía y botánica de los cultivos de grano. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Honduras. La Ceiba-Honduras. 2010. págs. 01-27. [Consulta: 2023-10-11]. Disponible en: <https://curlacavunah.files.wordpress.com>



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE HUMEDAD, GRASAS Y CENIZA DE GRITZ DE MAÍZ



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS



Fecha: 10 de mayo del 2023

Análisis solicitado por: Lia Geovanna Andrade Gordon

Laboratorio: Bromatología de la Facultad de Ciencias

Tema: "DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLITAS DULCES SABORIZADAS A BASE DE GRITZ DE MAIZ EN LA MICROEMPRESA AGUS SNACK"

Tipo de muestra: Gritz de maiz

Localidad: Riobamba

Análisis Físico-químico

Determinaciones	Unidades	Método	Valores Referenciales NTE INEN 187 2013	RESULTADOS
Humedad	%	INEN 187	Max. 13,0	10,495

Análisis microbiológicos

Determinaciones	Unidades	Método	Valores Referenciales NTE INEN 187 2013	RESULTADOS
Ceniza	%	INEN 543	Max. 3,0	0,17
Grasa	%	INEN 543	Max. 3,1	0,672

Atentamente.

BQF. PAMELA MORALES

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

ANEXO B: ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DEL GRITZ DE MAÍZ

SEIDLABORATORY CIA. LTDA.			
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO			
www.seidlaboratory.com.ec			
INFORME DE ENSAYO NR. 227209			
INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
CLIENTE:	SIMAA CIA LTDA.		
DIRECCION:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
TIPO DE MUESTRA:	GRITZ DE MAIZ		
TIPO DE PRODUCTO:	GRITZ DE MAIZ		
FECHA DE ELABORACION:	03.05.2021	FECHA DE CADUCIDAD:	03.11.2021
LOTE:	1112121	FORMA DE CONSERVACION:	AMBIENTE
CONTENIDO DECLARADO:	25kg, 45kg, 50kg		
MATERIAL DE ENVASE:	SACOS DE POLIPROPILENO		
INFORMACION DE LA MUESTRA			
CODIGO LABORATORIO:	227209-1	CONTENIDO ENCONTRADO:	1880,2g (Muestra para análisis)
FECHA RECEPCION:	21/05/11	FECHA INICIO ENSAYO:	21/05/11
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 20C°		
MUESTREO:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió		
TAMAÑO DE PORCION:	30g		
ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Humedad	SEF-H (AOAC 925.09)	%	13,78
Proteina F= 6,25	SEF-PDU (AOAC 993.01)	%	6,40
Grasa	SEF-G (AOAC 922.06)	%	1,38
Acidos Grasos Saturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,25
Acidos Grasos Monoinsaturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,43
Acidos Grasos Poliinsaturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,70
Grasa trans	CG-M.I	%	0,00
Ceniza	SEF-C (AOAC 923.03)	%	0,73
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	1,76
Carbohidratos	CALCULO	%	77,71
Energia Total	CALCULO	kJ/100g	1481
Sodio	SEI-MIN (AOAC 999.11)	mg/100g	0,00
Colesterol	SEIN-CL1 (AOAC 994.10)	mg/100g	0,00
Azúcares totales	SEIN-AZU (AOAC 977.20)	%	0,00
Datos tomados del cuaderno P Pág. 315 / H-RG-02 Pág. 369 / GE-RG-03 Pág. 194 / C-RG-04 Pág. 194 / PL RG-15 Pág. 46 / COL-RG-14 Pág. 52 / MIN-RG-12 Pág. 538 / AZU RG-20 Pág. 37 / F RG-05 Pág. 99			
Sodio <4 mg/100g. Colesterol <0,4 mg/100g. Azúcares totales <4 mg/100g			
INCERTIDUMBRE:			
PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARÁMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
HUMEDAD	L±0,10% (Rangos menores al 5%) L±0,04% (Rangos mayores al 5%)	GRASA	L±0,31% (Rangos menores al 1%) L±0,1% (Rangos menores al 10%) L±0,04% (Rangos mayores al 10%)
PROTEINA	L±0,06%	CENIZA	L±0,11% (Rangos ≤ al 1,5%) L±0,06% (Rangos mayores al 1,5%)
La incertidumbre expandida reportada está basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%			
Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote. El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico			
• Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra			
Atentamente,		21/05/21 FECHA EMISION	
Firmado digitalmente por: NORMA EDITH AMORES AMORES Fecha y hora: 2021-05-21 18:03:12			
Confidencialidad e Imparcialidad Seidlaboratory Cia. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cia. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito. Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio Muestras perecibles: 9 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado. Información Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:		Página 1 de 2 	

ANEXO C: ANÁLISIS INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL GRITZ DE MAÍZ



SEIDLABORATORY CÍA. LTDA.

SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

www.seidlaboratory.com.ec

INFORME DE ENSAYO NR. 227209

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
CLIENTE:	SIMAA CIA.LTDA.		
DIRECCION:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
TIPO DE MUESTRA:	GRITZ DE MAIZ		
TIPO DE PRODUCTO:	GRITZ DE MAIZ		
FECHA DE ELABORACION:	03.05.2021	FECHA DE CADUCIDAD:	03.11.2021
LOTE:	1112121	FORMA DE CONSERVACION:	AMBIENTE
CONTENIDO DECLARADO:	25kg, 45kg, 50kg		
MATERIAL DE ENVASE:	SACOS DE POLIPROPILENO		

INFORMACION DE LA MUESTRA			
CODIGO LABORATORIO:	227209-1	CONTENIDO ENCONTRADO:	1880.2g (Muestra para análisis)
FECHA RECEPCION:	21/05/11	FECHA INICIO ENSAYO:	21/05/11
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 20C°	MUESTREO: Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió	

INFORMACION NUTRICIONAL			
Tamaño por porción en g.	30		
Porción por envase	833		
Energía (Calorías) ...kJ	419	100 (kcal)	
Energía de grasa (Calorías de grasa)...kJ	21	5 (kcal)	
		% Valor Diario*	
Grasa Total 0,5 g	1 %		
Acidos grasos saturados 0 g	0 %		
Acidos grasos - trans 0 g			
Acidos grasos mono insaturados 0 g			
Acidos grasos poli insaturados 0 g			
Colesterol 0 mg	0 %		
Sodio 0 mg	0 %		
Carbohidratos Totales 23 g	8 %		
Fibra 1 g	4 %		
Azúcares Totales 0 g			
Proteína 2 g	4 %		
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 KJ (2000 calorías). Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.			
	Energía	8380	kJ
	Calorías	2000	kcal
		10.475	kJ
		2500	Cal
Grasa Total	Menos que	65 g	80 g
Grasa Saturada	Menos que	20 g	25 g
Colesterol	Menos que	300 mg	300 mg
Sodio	Menos que	2400 mg	2400 mg
Potasio	Menos que	3500 mg	3500 mg
Carbohidratos Totales		300 g	375 g
Fibra alimentaria		25 g	30 g
kJ por gramo (Calorías por gramo):			
Grasa 37 kJ	Carbohidratos 17 kJ	Proteína 17 kJ	

Atentamente,

21/05/21

FECHA EMISION

Firmado digitalmente por: NORIMA
EDITH AMORES AMORES Fecha y
hora: 2021-05-21 16:03:12

Página 2 de 2

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Información

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad: directorcalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General: gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente: servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec

Mejoror Toaza N61-83 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0992750633



ANEXO D: ANÁLISIS AFLATOXINA Y FUMONISINA DEL GRITZ DE MAÍZ



SEIDLaboratory CÍA. LTDA.
SERVICIO INTEGRAL DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO NR.277454

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Cliente:	SIMAA CIA.LTDA.		
Dirección:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
Nombre Producto :	GRITZ DE MAIZ		
Fecha de Elaboración:	2023-05-02	Fecha de Caducidad:	2023-11-02
Lote:	4112223	Contenido Declarado:	ND
Material Envase:	FUNDA PLÁSTICA ANUDADA	Forma de Conservación:	Ambiente

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Código Laboratorio :	277454-1	Contenido Encontrado:	740.6 Gramos
Fecha Recepción:	2023/05/05	Fecha Inicio Ensayo:	2023/05/05
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	22 °C	Muestreo:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

ENSAYOS FFQQ	MÉTODO	ACREDITACIONES		UNIDAD	RESULTADO
		A2LA	SAE		
AFLATOXINA	MICROELISA	*	*	ppb (ug/kg)	<5
FUMONISINA	SE.MI	*	*	ppm (mg/kg)	<1

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación"

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

"SEIDLaboratory CÍA.LTDA no se responsabiliza por la información declarada por el cliente"

- Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente.

23/05/16

FECHA EMISIÓN

Firmado digitalmente por ANA
GABRIELA VALENCIA MURGUEYTIO
Fecha y hora: 2023-05-16 16:35:27

Muestra 277454-1 de 277454-1

Pg 1 / 1

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensalada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad directordecalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec
Melchor Toza N61-65 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0993450911 - 0992750633



ANEXO E: ANÁLISIS FÍSICOS DEL MAÍZ



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS



Fecha: 22 de junio del 2023

Análisis solicitado por: Lia Geovanna Andrade Gordon

Laboratorio: Análisis del Agua

Tema: "DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BOLITAS DULCES SABORIZADAS A BASE DE GRITZ DE MAÍZ EN LA MICROEMPRESA AGUS SNACK"

Tipo de muestra: Maíz (*Zea Mays L.*)

Localidad: Riobamba

Análisis físicos del maíz

Determinaciones	Método	Valores Referenciales (%) NTE INEN 187 2013	RESULTADOS (%)
Materias orgánicas extrañas % (m/m)	NTE INEN 187	Max. 1,5	0,35
Materias inorgánicas extrañas % (m/m)	NTE INEN 187	Max. 0,5	0,04
Suciedad % (m/m)	NTE INEN 187	Max. 0,1	< 0,01
Granos defectuosos % (m/m)	NTE INEN 187	Max. 7	0,54
Granos infectados % (m/m)	NTE INEN 187	Max. 0,5	0,064
Otros granos	NTE INEN 187	Max. 2	< 0,01

Atentamente.

DRA. GINA ALVAREZ

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

ANEXO F: ANÁLISIS DE PROTEINA DEL MAÍZ



INFORME DE ANÁLISIS

ANÁLISIS SOLICITADO POR: Srs. Cristian Silva, María José Terán, Ana Ortiz, Lia Andrade y Ramón Cevallos

TIPO DE MUESTRA: Maíz amarillo (Zea mays L)

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de agosto del 2023

PROCEDENCIA: Cantón Guano

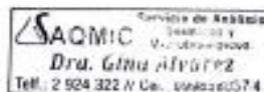
EXAMEN FÍSICO

ATRIBUTO	Maíz Morado
Color	Amarillo intenso, presencia de granos de color claro
Aspecto	Gránulos brillantes tamaño homogéneos, presencia de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	Valores de referencia	RESULTADOS
Proteína (BS)	%	INEN 519	Mín. 8	9.87

RESPONSABLE:


Dra. Gina Álvarez R.



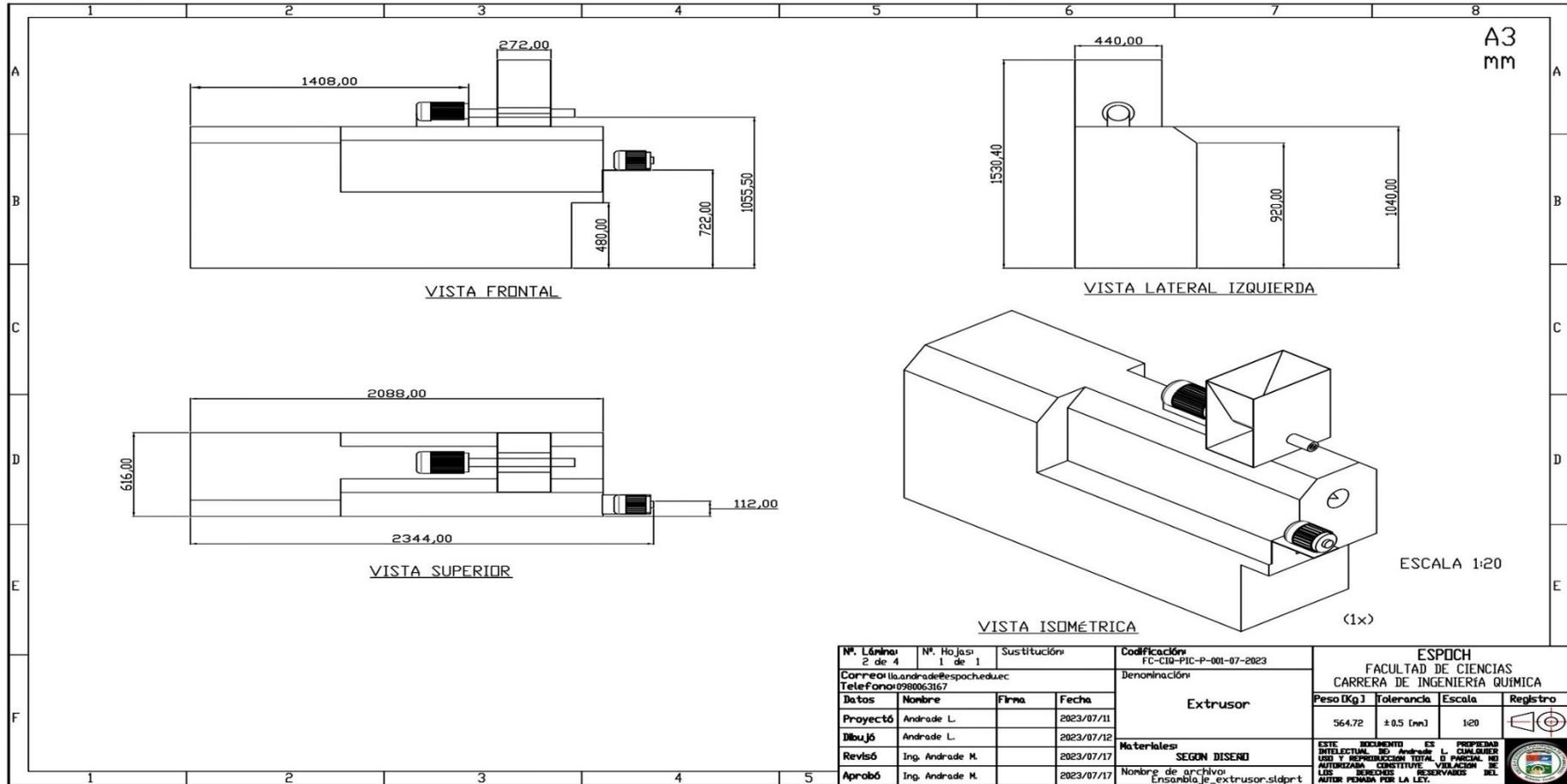
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra fue receptada en laboratorio.

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid 0
Contáctenos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

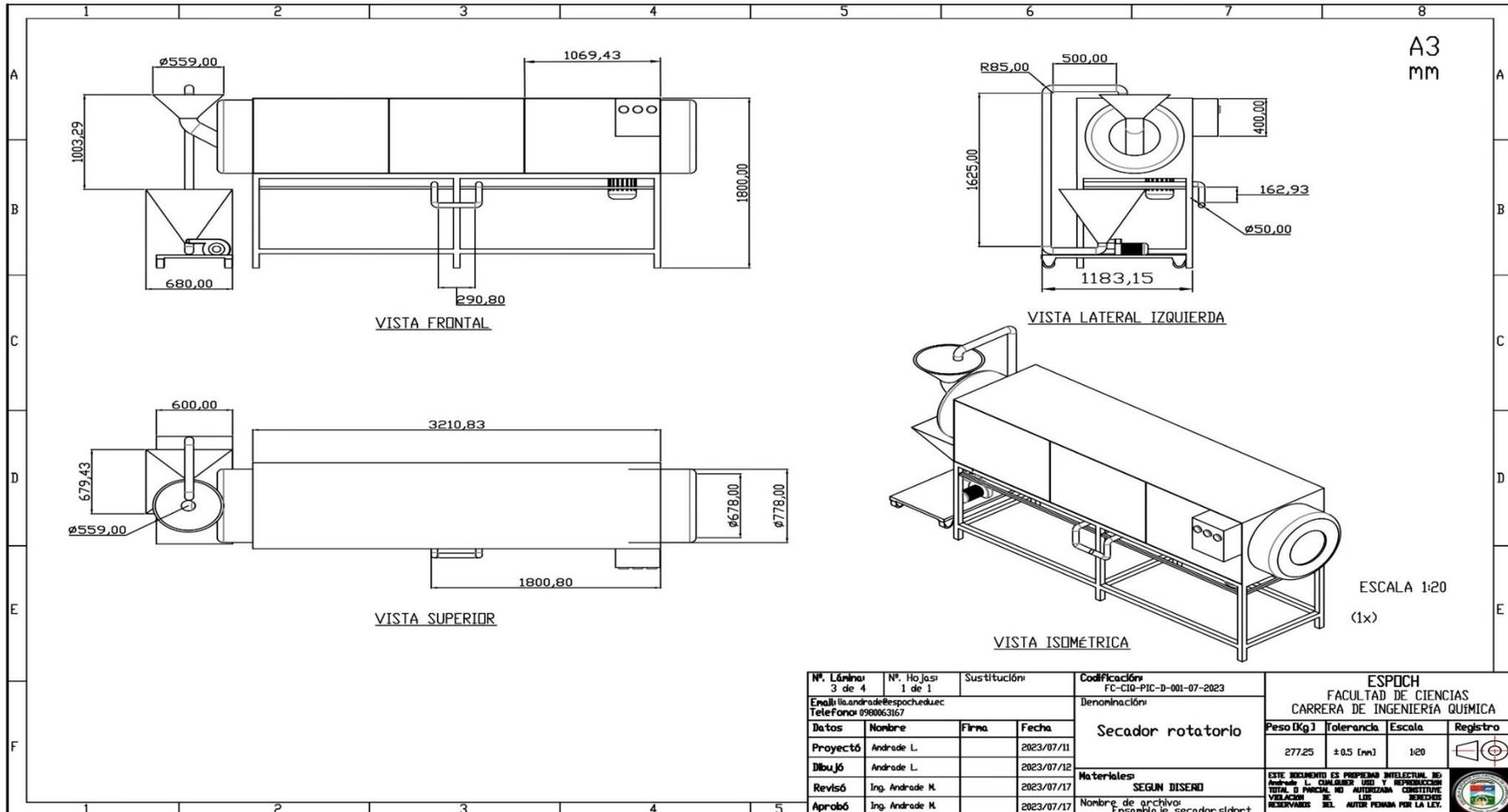
saqmic

ANEXO G: PLANO EN AUTOCAD DE EXTRUSOR DE DOBLE TORNILLO Y TANQUE DE MEZCLA

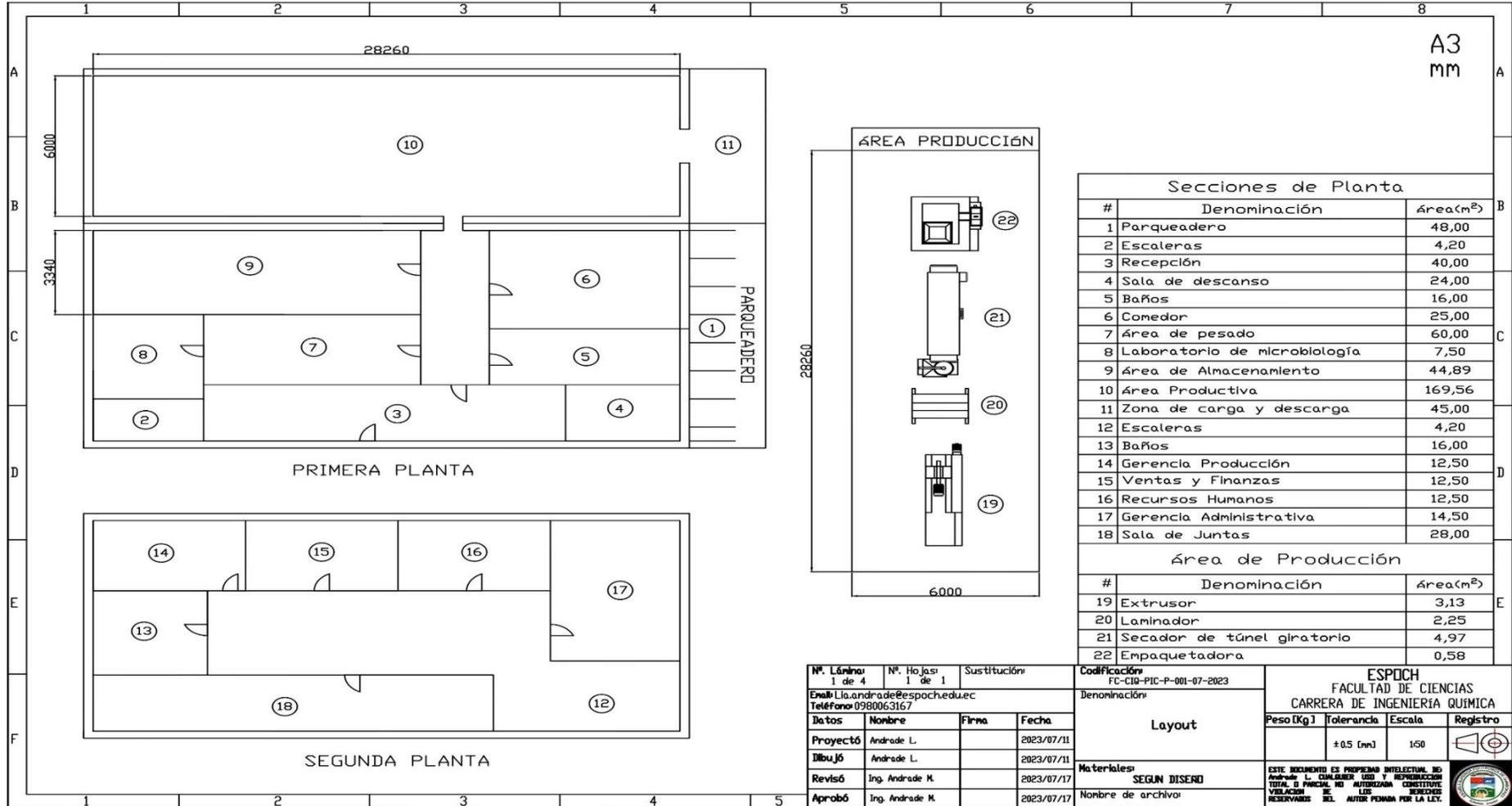


Datos				Codificación		ESPOCH			
Nº. Lámina:	2 de 4	Nº. Hoja:	1 de 1	Sustitución:	FC-CIQ-PIC-P-001-07-2023	FACULTAD DE CIENCIAS			
Correo: l.andrade@espocheduc.ec				Denominación:		CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Telefono: 09980063167				Extrusor		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Andrade L.	Firma	Fecha			564,72	± 0,5 [mm]	1:20	
Dibujó	Andrade L.	2023/07/12		Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE Andrade L. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR SEGUN LA LEY.			
Revisó	Ing. Andrade M.	2023/07/17		SEGN DISEÑO					
Aprobó	Ing. Andrade M.	2023/07/17		Nombre de archivo:		Ensamblaje_extrusor.sldprt			

ANEXO H: PLANO EN AUTOCAD DE SECADOR ROTATORIO



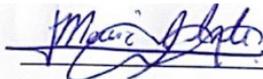
ANEXO I: PLANO EN AUTOCAD DE LAYOUT DE LA EMPRESA





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 15/ 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Lia Geovanna Andrade Gordon
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería química
Título a optar: Ingeniera química
 Adriana Isabel Rodríguez Basantes Firma del Director del Trabajo de Titulación  Mónica Lilián Andrade Avalos Firma del Asesor del Trabajo de Titulación