



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA
LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA
CAMARÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

AUTORES:

Anggie Juleixi Asencio León

Carlos Alberto Villamar Araujo

TUTOR: Ing. Tania Catalina Rojas Parraga MSc.

Guayaquil-Ecuador

2026

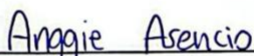
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Anggie Juleixi Asencio León con documento de identificación N° 0943664623 y Carlos Alberto Villamar Araujo, con documento de identificación N° 0954339644; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 04 de febrero del año 2026

Atentamente,



Anggie Juleixi Asencio León

0943664623



Carlos Alberto Villamar Araujo

0954339644

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Anggie Juleixi Asencio León con documento de identificación No. 0943664623, y Carlos Alberto Villamar Araujo, con documento de identificación N° 0954339644, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARÓN, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ing. Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.


En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 04 de febrero del año 2026

Atentamente,



Anggie Juleixi Asencio León
0943664623



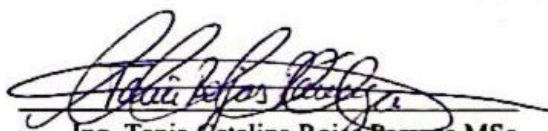
Carlos Alberto Villamar Araujo
0954339644

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Tania Catalina Rojas Parraga con documento de identificación N° 0919958363, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARÓN**, realizado por Anggie Juleixi Asencio León con documento de identificación No. 0943664623 y por Carlos Alberto Villamar Araujo, con documento de identificación N° 0954339644, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 04 de febrero del año 2026

Atentamente,



Ing. Tania Catalina Rojas Parraga MSc.
0919958363

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la sabiduría, la fortaleza y la guía necesarias para seguir adelante y no rendirme en el transcurso de este camino.

A mi padre, Javier Asencio, y a mi madre, Lidia León, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser el pilar fundamental de mi vida, enseñándome con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanas y hermanos, por su compañía, comprensión y palabras de aliento que me motivaron a continuar persiguiendo mis metas. A mis amigos, quienes me acompañaron a lo largo de mi vida, compartiendo momentos de alegría, aprendizaje y desafíos, brindándome siempre su apoyo sincero.

Y de manera muy especial, a mi abuela, por su cariño y por esas palabras sencillas pero llenas de amor que cada tarde, al salir de casa, me regala deseándome un lindo día, convirtiéndose en una fuente constante de ánimo y fortaleza. Este logro también es de todos ustedes. —
Anggie Asencio

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y constancia para no rendirme ante las dificultades y permitirme culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, Washington Villamar y Eva Araujo, por estar siempre a mi lado, por su apoyo incondicional, su amor y sus consejos. Gracias a ustedes aprendí el verdadero valor de la perseverancia y la responsabilidad, y gracias a su esfuerzo pude alcanzar mis objetivos. Este logro es también de ustedes y representa una pequeña retribución a todo lo que me han dado.

A mis abuelos, Ponceano Araujo y Guillermina Asang, por su cariño, ejemplo y acompañamiento constante en cada etapa de mi vida, siendo un pilar fundamental en mi crecimiento personal.

De manera especial, a mi enamorada Siumay Yong, por su apoyo emocional, paciencia y motivación permanente durante todo este proceso, siendo un soporte invaluable en los momentos más exigentes.—Carlos Villamar

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la constancia necesarias para alcanzar este logro.

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor y confianza, ya que sin ellos no habría sido posible alcanzar lo que he logrado hasta ahora.

Agradezco a mis docentes, quienes a lo largo de mi formación académica me compartieron sus conocimientos y me brindaron orientación, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo profesional.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mi tutora, Ing. Tania, por su guía, apoyo y valiosa orientación durante el desarrollo de este trabajo, ya que sin su acompañamiento no habría sido posible culminar mi tesis.

Finalmente, agradezco a todas las personas importantes en mi vida que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo y motivación constante. Muchas gracias por todo.—Anggie Asencio

AGRADECIMIENTO

Agradezco el presente trabajo de titulación a Dios, por brindarme la fortaleza, la claridad y la constancia necesarias para culminar esta etapa tan significativa en mi formación profesional.

Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres por su apoyo constante, comprensión y motivación a lo largo de todo mi proceso académico, cuyo ejemplo de esfuerzo y sacrificio fue fundamental para alcanzar mis metas.

Asimismo, agradezco a mis docentes por los conocimientos impartidos, la orientación académica y el acompañamiento brindado durante mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a mi familia y a todas las personas que formaron parte de este proceso por su apoyo, palabras de aliento y contribución a la culminación de este trabajo.—Carlos Villamar

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..... | II |
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | III |
| CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN | IV |
| DEDICATORIA | V |
| AGRADECIMIENTO | VII |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XII |
| RESUMEN..... | XIV |
| ABSTRACT..... | XV |
| ACRÓNIMOS | XVI |
| CAPÍTULO I EL PROBLEMA..... | 1 |
| 1. TÍTULO..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.4. DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL | 4 |
| 1.5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 5 |
| 1.5.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA..... | 6 |
| 1.5.2. PREGUNTA CIENTÍFICA..... | 6 |
| 1.6. ALCANCE..... | 6 |
| 1.7. GRUPO BENEFICIARIO | 7 |
| 2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO..... | 8 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 10 |
| 2.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.2.2. EL ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARÓN | 12 |
| 2.2.3. CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE SÓLIDOS | 17 |
| 2.2.4. INGENIERÍA DE PROCESOS Y AUTOMATIZACIÓN..... | 21 |
| 2.2.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD Y NORMATIVAS | 26 |
| 3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA | 27 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 3.1. | ENFOQUE METODOLOGICO | 27 |
| 3.2. | TIPO DE INVESTIGACIÓN | 27 |
| 3.2.1. | SEGÚN SU PROPÓSITO | 27 |
| 3.2.2. | SEGÚN PROFUNDIZACIÓN..... | 28 |
| 3.2.3. | SEGÚN LA MANIPULACIÓN DE LAS VARIABLES | 28 |
| 3.2.4. | SEGÚN LAS FUENTES DE INFORMACIÓN | 28 |
| 3.3. | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 29 |
| 3.4. | POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 29 |
| 3.5. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 30 |
| 3.5.1. | OBSERVACIÓN DIRECTA EN PLANTA..... | 30 |
| 3.5.2. | REVISIÓN DOCUMENTAL..... | 31 |
| 3.5.3. | ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA | 40 |
| 3.5.4. | ENCUESTA ESTRUCTURADA | 40 |
| 3.5.5. | SIMULACIÓN COMPUTACIONAL..... | 42 |
| 3.5.6. | PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS | 42 |
| 3.5.7. | ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN..... | 42 |
| 4. | CAPÍTULO RESULTADOS | 43 |
| 4.1. | OBSERVACION DIRECTA Y REGISTRO DE DATOS DE LA LINEA ACTUAL DE LA PLANTA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA CAMARÓN .. | 43 |
| 4.2. | ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN A TRAVES DE LAS EXPERIENCIAS DE LOS OPERADORES Y SUPERVISORES-ENTREVISTA..... | 46 |
| 4.3. | EVALUACIÓN SOBRE LA EFICIENCIA, TIEMPOS DE INACTIVIDAD Y DIFICULTADES EN LA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN-ENCUESTA..... | 48 |
| 4.4. | IDENTIFICACIÓN CUELLOS DE BOTELLA DE LA LINEA DE PRODUCCION ACTUAL | 54 |
| 4.5. | DISEÑO DE LA PROPUESTA TÉCNICA: LÍNEA DE CLASIFICACIÓN .. | 55 |
| 4.6. | SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA | 57 |
| 4.7. | EVALUACIÓN TECNICA Y ECONÓMICA | 59 |
| 4.7.1. | ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO | 61 |
| 4.8. | INFORME TÉCNICO..... | 65 |
| 4.8.1. | RESUMEN EJECUTIVO | 65 |
| 4.8.2. | INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)..... | 65 |
| 4.8.3. | CALIDAD Y TRAZABILIDAD | 66 |
| 4.8.4. | ANÁLISIS DE RETORNO DE INVERSIÓN..... | 66 |

| | |
|---|----|
| 4.8.5. AHORROS Y BENEFICIOS ANUALES | 67 |
| 4.8.6. FACTIBILIDAD OPERATIVA | 68 |
| CONCLUSIONES..... | 69 |
| RECOMENDACIONES..... | 70 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 71 |
| ANEXOS..... | 76 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Datos técnicos de la tolva de recepción | 31 |
| Tabla 2. Datos técnicos del molino de martillo | 31 |
| Tabla 3. Datos técnicos de mezcladoras horizontal de cinta | 32 |
| Tabla 4. Datos técnicos del peletizador | 33 |
| Tabla 5. Datos técnicos del secador-enfriador..... | 34 |
| Tabla 6. Medidas de Tamizadores estándar | 34 |
| Tabla 7. Datos técnicos del tamiz rotatorio | 35 |
| Tabla 8. Datos técnicos del tambor recubridor | 36 |
| Tabla 9. Datos técnicos y descriptivos de la clasificadora de camarón..... | 37 |
| Tabla 10. Marco normativo para alimento balanceado de camarón y operación | 38 |
| Tabla 11. Requisitos físicos del balanceado de camarón..... | 38 |
| Tabla 12. Requisitos físicos y químicos del balanceado de camarón | 39 |
| Tabla 13. Requisitos microbiológicos | 39 |
| Tabla 14. Plan de puntos críticos de control..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Tabla 15. Evaluación de cumplimiento normativo..... | 40 |
| Tabla 16. Datos de operación y análisis de la línea de clasificación actual..... | 46 |
| Tabla 17. Eficiencia general de la línea de clasificación..... | 49 |
| Tabla 18. Tiempos de espera o paradas no planificadas..... | 49 |
| Tabla 19. Fallos mecánicos o eléctricos..... | 51 |
| Tabla 20. Calidad del producto final..... | 52 |
| Tabla 21. Dosificación y calidad final..... | 53 |
| Tabla 22. Inversión de equipos..... | 61 |
| Tabla 23. KPI de eficiencia operativa..... | 65 |
| Tabla 24. KPI de calidad y trazabilidad..... | 66 |
| Tabla 25. Total de inversión..... | 67 |
| Tabla 26. Ahorros y beneficios anuales..... | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Croquis ubicación de la industria..... | 4 |
| Figura 2. Alimento balanceado de camarón..... | 13 |
| Figura 3. Tecnología de fabricación de balanceado de camarón: Extrusión..... | 14 |
| Figura 4. Tecnología de fabricación: peletización y microencapsulación..... | 15 |
| Figura 5. Propiedades físicas del camarón: tamaño..... | 16 |
| Figura 6. Teoría del tamizado o proceso del tamizado..... | 18 |
| Figura 7. Curva de Tromp..... | 19 |
| Figura 8. Mesa densimétrica para balanceado..... | 21 |
| Figura 9. Diagrama de proceso P&ID..... | 22 |
| Figura 10. Balance de energía y materia..... | 23 |
| Figura 11. Sistema de control de SCADA..... | 24 |
| Figura 12. Jerarquía del personal de la planta de balanceado de camarón..... | 30 |
| Figura 13. Molino de tornillo..... | 32 |
| Figura 14. Mezcladora horizontal de cinta..... | 33 |
| Figura 15. Tamizadores Tyler..... | 35 |
| Figura 16. Evaluación de percepciones sobre las fallas comunes..... | 48 |
| Figura 17. Eficiencia de la línea de clasificación..... | 49 |
| Figura 18. Tiempos de espera o paradas no planificadas en la línea de clasificación..... | 50 |
| Figura 19. Fallos mecánicos o eléctricos que afectan los tiempos de operación en la línea de clasificación..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Calidad del producto final..... | 52 |
| Figura 21. Dosificación y calidad final | 53 |
| Figura 22. Identificación de cuellos de botella de la línea actual mediante diagrama de flujo..... | 55 |
| Figura 23. Rediseño de la línea de clasificación para alimento balanceado de camarón | 56 |
| Figura 24. Simulación en Flexsim de la nueva línea de clasificación..... | 57 |
| Figura 25. Línea actual de producción en Biomar | 58 |

RESUMEN

La industria camaronera ecuatoriana, pilar fundamental de la economía nacional, enfrenta un desafío operativo crítico en la producción de alimento balanceado: un cuello de botella en la etapa de clasificación granulométrica. Este proyecto técnico se enfoca en diagnosticar y resolver esta restricción, la cual limita la capacidad productiva a 300 kg/h, muy por debajo de la demanda mínima de 500 kg/h requerida para abastecer el mercado. La problemática central radica en la ineficiencia del sistema de clasificación actual, que genera heterogeneidad en el producto, incrementa los reprocesos, eleva los costos operativos y compromete la competitividad de la empresa. La solución propuesta consiste en el rediseño integral de esta línea, incorporando un Plan Sifter de alta capacidad, sistemas de alimentación automatizada, tolvas pulmón con sensores de nivel y un Controlador Lógico Programable (PLC) para sincronizar los flujos. Este diseño no solo persigue incrementar la capacidad, sino también garantizar la homogeneidad granulométrica exigida en cada fase de desarrollo del camarón, factor determinante para su digestibilidad y tasa de supervivencia. La metodología integra análisis cuantitativos, simulación computacional y una evaluación técnico-económica para validar la viabilidad de la propuesta. La implementación de esta solución convertirá un punto crítico en una ventaja competitiva, asegurando la escalabilidad, optimización de recursos y sostenibilidad operativa de la planta, alineándose con los principios de la Industria 4.0 y la mejora continua.

Palabras clave: industria, sostenibilidad operativa, viabilidad, cuello de botella, automatización.

ABSTRACT

The Ecuadorian shrimp industry, a cornerstone of the national economy, faces a critical operational challenge in feed production: a bottleneck in the particle size classification stage. This technical project focuses on diagnosing and resolving this constraint, which limits production capacity to 300 kg/h, well below the minimum demand of 500 kg/h required to supply the market. The core problem lies in the inefficiency of the current classification system, which generates product heterogeneity, increases reprocessing, raises operating costs, and compromises the company's competitiveness. The proposed solution consists of a complete redesign of this line, incorporating a high-capacity Plan Sifter, automated feeding systems, surge hoppers with level sensors, and a Programmable Logic Controller (PLC) to synchronize the flows. This design not only aims to increase capacity but also to guarantee the particle size homogeneity required at each stage of shrimp development, a determining factor for digestibility and survival rate. The methodology integrates quantitative analysis, computational simulation, and a techno-economic evaluation to validate the proposal's feasibility. Implementing this solution will transform a critical issue into a competitive advantage, ensuring the plant's scalability, resource optimization, and operational sustainability, aligning with Industry 4.0 principles and continuous improvement.

Keywords: industry, operational sustainability, viability, bottleneck, automation.

ACRÓNIMOS

PLC: controlador lógico programable

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

HACCP: análisis de peligros y puntos críticos de control

ISO: international Organization for Standardization

KPI: indicadores clave de desempeño

MTBF: mean time between Failures

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

NRC: National Research Council

P&ID: Piping and Instrumentation Diagram

HMI: Human Machine interface

PID: Controlador Proporcional Integral Derivativo

WHO: World Health Organization

EC: European Commission

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

CFM: Cubit Feet per Minute

RPM: Revolutions per Minute

ASTM. American Society for Testing and Materials

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1. Título

Optimización de la producción mediante el diseño de una línea de clasificación de alimento balanceado para camarón

1.1. Antecedentes

Actualmente, el Ecuador se posiciona, por la actividad camaronera, como uno de los principales exportadores de este producto a nivel mundial. De la misma manera, la actividad camaronera se ha convertido en uno de los pilares de la economía ecuatoriana. No obstante, la expansión de esta actividad genera complejidades, en términos de los costos, que, en el proceso de producción de alimentos balanceados, que se calculan en un 50% a 70% de los costos operativos de una camaronera. La alimentación de los cultivos de camarón es fundamental, por el hecho que esta condiciona la sobrevivencia, el crecimiento, e incluso, la salud de los mismos. La cadena de producción de alimentos balanceados se caracteriza por su ineficiencia. En los estados larvarios y juveniles del desarrollo, el camarón requiere que se le suministre, con máxima precisión, ciertos rangos (200 μm a 2,5 mm) de alimento que sean de partículas. Estudios como los de [1] han demostrado que un tamaño de grano inadecuado, según diversos estudios, puede ocasionar que la tasa de supervivencia de los organismos se reduzca entre 10% y 15% y, de igual forma, puede ocasionar que la competencia por los alimentos se incremente y causar bloqueos intestinales de los organismos. A nivel industrial, los cuellos de botella en la etapa de clasificación son comunes dentro de los procesadores, donde, debido a la subutilización de los tamices de plano, que son dispositivos que en teoría pueden procesar el producto en Múltiples fracciones de forma automatizada, el nivel de funcionamiento se encuentra por debajo de la capacidad teórica debido a la falta de automatización, a la irregularidad de la alimentación y deficiencias en el diseño de flujo. En el estudio de caso, la clasificación real es de 300 kg/h, y la necesidad en el mercado es superior a 500 kg/h. Esta situación limita la capacidad de la planta para procesar el volumen contratado y, además, genera una serie de consecuencias, como la necesidad de reprocesar, un incremento de los costos y la heterogeneidad del producto final. La falta de sistemas automatizados y de control en tiempo real intensifica el problema y provoca que los alimentadores de nivel superior colapsen, que el equipo se desgaste de forma acelerada y que se presenten variaciones en la calidad del alimento.

Todo esto en conjunto afecta la habilidad de la empresa de competir, la limitación para adaptarse a los requerimientos de sus clientes y para expandirse a nivel global.

1.2. Introducción

Las particularidades de la posición geográfica y las condiciones climáticas del Ecuador han favorecido el logro de una posición prominente dentro del sector global de la acuicultura de camarones. Esta actividad exportadora es de vital importancia para la economía del país, debido a las múltiples oportunidades de empleo que crea y los ingresos sustanciales que genera [2]. Desde el punto de vista de la eficiencia industrial, la producción de alimentos acuícolas es una actividad fundamental para la industria acuícola ecuatoriana. Sin embargo, la industria aún enfrenta desafíos operativos restrictivos. Este proyecto tiene como objetivo abordar un problema específico y frecuente: el sistema de producción tiene un cuello de botella en la etapa de clasificación de tamaño (cribado) que limita la capacidad de producción a 300 kg/h, que es menos que la demanda comercial mínima de 500 kg/h. Esta limitación tiene un impacto directo en el volumen de producción y tiene un impacto considerable en los aspectos técnicos y económicos. Con la baja clasificación viene la heterogeneidad del producto, lo cual impacta la digestibilidad y la sobrevivencia del crustáceo, y aumenta los costos por reprocesos y merma de materias primas. El tipo de solución que se plantea no se reduce a solo instalar nuevos equipos; implica la construcción de una línea de clasificación que esté optimizada. Este tipo de rediseño puede incluir activaciones de automatización, tales como controladores lógicos programables (PLC), y tolvas pulmonares con niveladores y un Plan Sifter de recalibración sincronizada, que se grille para un flujo y calidad granulométrica óptima. Implementar dicho sistema no solo busca que no se presente la restricción. Se busca que esta etapa se convierta en una competitiva, en donde se asegure la homogeneización del producto, la saturación del mercado, y la sustentabilidad de la economía del negocio en un mercado global altamente competitivo.

1.3. Justificación

El diseño de esta línea de clasificación de alimentos balanceado para camarón tiene múltiples dimensiones que muestran su pertinencia y relevancia. Desde la teoría, el proyecto se sustenta bajo la óptica de la Teoría de las Restricciones de Goldratt, quien en su libro *La Meta* de 1984, revolucionó el enfoque que las empresas adoptan para mejorar sus procesos y optimizar el uso de sus recursos. La Teoría de las Restricciones plantea una mejora continua y desafía el estatus que, abdicando del pensamiento de sistemas cerrados, y promoviendo el pensamiento sistémico a la hora de abordar los problemas. Lo anterior se sustenta en el principio de que, en cualquier sistema, puede ser una fábrica, una empresa de servicios o la administración de un proyecto, siempre existe, al menos, una restricción que limita el progreso y la consecuente ejecución de las metas [3]. La teoría concluye relacionando la precisión granulométrica con algunos parámetros zootécnicos: la tasa de conversión alimenticia y la supervivencia larval. Desde el punto de vista social, el mejoramiento de esta etapa productiva impacta positivamente en un eslabón de la actividad económica que se da de forma masiva en las zonas costeras, mejorando la calidad de las labores al reducir la monotonía de la movilidad manual y la exposición a enfermedades profesionales derivadas del polvo y el ruido, a través del menos [4].

La práctica se demuestra en aumentar la producción de 300 kg/ha a 500 kg/h, y en la eliminación del cuello de botella que impide cumplir compromisos comerciales y la posibilidad de elaborar un modelo replicable para la industria de acuicultura nacional. En términos económicos, el proyecto es un caso de inversión con un retorno a los 18 meses, debido a la sinergia entre la pérdida, el ahorro de energía en 35 % menos de consumo específico, la reducción de reprocesos siendo del 12 % del producto actualmente fuera de específica, y la pérdida de presas en relación a la falta de cumplimiento de contratos [5].

La implementación se alinea con regulaciones internacionales como ISO 22000:2018 en materia de inocuidad alimentaria. Se concibe, despliega, preserva y perfecciona integralmente todos los componentes endógenos y exógenos, al igual que los requerimientos y expectativas de los grupos de interés, en el plano estratégico, y los requerimientos de trazabilidad de los mercados de exportación, posicionando a la empresa como un cumplidor de los estándares globales [6]. La integración de estas variables transforma una problemática operativa en una oportunidad para elevar los estándares de competitividad, sostenibilidad y calidad en un área estratégica para la economía nacional, en un caso de una modernización industrial con impactos multisectoriales.

1.4. Delimitación espacial y temporal

Este estudio tiene la siguiente delimitación:

- **Campo:** Camaronera
- **Área:** Producción
- **Aspectos:** Automatización, producción, rendimiento, compromisos
- **Tema:** Optimización de la Producción mediante el Diseño de una Línea de Clasificación de Alimento Balanceado para Camarón
- **Delimitación espacial:** BioMar km 6.5 Durán tambo
- **Delimitación académica:**
 - Optimización de procesos de clasificación granulométrica
 - Automatización de sistemas de alimentación y control
 - Diseño y balanceo de líneas de producción industrial
- **Delimitación temporal:** noviembre 2025-2026



Figura 1. Croquis ubicación de la industria

Fuente: Google Maps

Elaborado por: Carlos Alberto Villamar Araujo y Anggie Juleixi Asencio León

1.5. Problema de investigación

La actividad camaronera se ha convertido en uno de los pilares de la economía nacional, cerrando por encima de los cinco mil millones de dólares al año. Esta actividad no solo genera grandes ingresos, sino que también genera una gran cantidad de empleos, colaborando de manera importante en la captación de divisas de manera global. Esto, sin embargo, enfrenta una importante paradoja. A pesar de que la demanda de camarón cultivado crece globalmente a una tasa del 8% interanual, la capacidad productiva del alimento balanceado especializado presenta grandes restricciones técnicas [7].

Actualmente, la planta bajo estudio evidencia una discrepancia operativa sustancial: su sistema de clasificación granulométrica solo procesa 300 kg/h, mientras que los requerimientos comerciales exigen 500 kg/h para cubrir una producción mínima de 5 toneladas diarias. Esta brecha del 40% en capacidad genera un efecto cascado que compromete toda la cadena de valor. Según la Teoría de las Restricciones [8] El cuello de botella no solo limita el volumen de producción, sino que también distorsiona los flujos productivos aguas arriba y aguas abajo de estos procesos, creando existencias de trabajo en proceso que representan el 15% del capital de trabajo operativo. La investigación muestra que las desviaciones de alimento grueso superiores al 10% en el rango de 200-600 μm , durante las etapas larvales (200-600 μm), aumentan la mortalidad en un 15% y reducen la eficiencia de conversión de alimento en un 18%, debido a la obstrucción del tracto digestivo de los crustáceos. La alimentación del Plan Sifter es poco automatizada, lo que, sumado a lo mencionado al inicio, origina el incumplimiento de los benchmarks internacionales, que, a comparación de los mismos, los Sifters consumen un 35% más de energía al ser operativos de forma discontinua. [1].

Además, al no cumplirse los requisitos de la norma ISO 22000:2018 de homogeneidad, esto cierra el acceso a mercados premium que requieren de trazabilidad. Esto empieza un círculo vicioso, donde de no contar con una mejor clasificación, al tener que realizar reprocesos, se gasta el 12% de la capacidad instalada de la empresa, lo que se traduce en un déficit en el cumplimiento de contratos con clientes estratégicos, lo que también se traduce en una falta de competitividad en el mercado, que el alimento balanceado representa entre el 60-70% de los costos operativos [9]. La paradoja es que hay una demanda insatisfecha y un notable déficit en la tecnología de toda una fase del proceso que limita el potencial de crecimiento de la industria.

1.5.1. Enunciado del problema

Desde un enfoque operativo, en la fase de clasificación de alimentos balanceados para camarón se ha identificado una restricción que impacta la capacidad de producción de la instalación. Ineficiencias que se traducen en ciclos de operación, acumulación indeseada de material, heterogeneidad en la granulometría y falta de control de la regulación de flujo, se deben a la ausencia de sistemas automatizados, en combinación con una distribución del espacio que responde a la inercia. En la línea de clasificación, la mayor parte de estas deficiencias operativas, limitan la efectividad a 300 kg/h, en consecuencia, se desatiende la meta de producción de 500 kg/h. Esta situación se traduce en un incremento de reprocesos, en la pérdida de competitividad de la empresa en el sector acuícola y en la disminución del nivel de integración de la línea. Ello evidencia la necesidad de rediseñar la línea de clasificación de manera integral, incorporando sistemas automatizados y de balance de procesos para garantizar flujos ininterrumpidos, uniformidad en la calidad, autogestión y expansión de la capacidad productiva.

1.5.2. Pregunta científica

Considerando los parámetros de la industria de la acuicultura, ¿cuál es el impacto de la automatización en una línea de clasificación, y el control por PLC, en la productividad, la uniformidad de la granulometría y el reprocesamiento en la industria de alimentos para camarones?

1.6. Alcance

La mejora en la optimización de la clasificación granulométrica y el rediseño de la línea de procesamiento impacta en la homogeneidad del alimento final en la cadena de producción. Esto se traduce en una mejora técnica de la distribución granular correcta y consistente en relación con la fase ontogénica del camarón, maximizando la disponibilidad de nutrientes. Un control de menor dispersión de tamaño de partícula reduce el diseño de fracciones fuera de especificación y se logra una mayor homogeneidad en la flotabilidad y estabilidad del pellet. Esto en el alimento de los estanques, disminuye la carga orgánica residual y la sincronización en el crecimiento poblacional. La mejora en la infraestructura productiva se traduce en un

aumento de la calidad del producto final y sostiene la rentabilidad y la sostenibilidad de las operaciones acuícolas.

1.7. Grupo beneficiario

El diseño y optimización de la planta de clasificación impactarán a los operativos y personal de producción de la planta de alimento balanceado. En este momento, ellos atraviesan problemas para mantener una operación que sea continua, precisa y eficiente en el proceso de clasificación de granulos. Con la implementación de una línea de clasificación que esté rediseñada y balanceada, se espera optimizar la continuidad del trabajo, disminuir los tiempos de espera y la separación por error de granulometría, asegurando que cada alimento cumpla con los requisitos específicos para cada etapa del desarrollo del camarón. Indirectamente, el área de logística y despacho se beneficiará por la optimización de la entrega de productos. Esto les permitirá tener productos con más calidad, homogéneos y en el volumen que se requiere, así se disminuirán los reprocesos, las devoluciones y la planificación de las entregas serán más eficientes. El área de control de calidad, por ejemplo, contará con un sistema más confiable, de menor variabilidad y con mejor trazabilidad, lo cual se traduce en un sistema que dará más satisfacción al cliente final. También, el sistema se beneficiará de ingeniería y planificación de producción, dado que el diseño incluye características como sincronización automatizada, dosificación controlada y adaptación modular, de tal forma que se podrá optimizar el sistema técnico y el sistema humano, así como proyectar con mayor certeza la escalabilidad de la producción en función de la variabilidad de la demanda del mercado. Por último, en términos organizacionales, la empresa podrá afianzar su competitividad en el rubro acuícola, al poder ofrecer más volumetría, más homogeneidad en la calidad y más rapidez en la respuesta al cliente. De esta manera, la empresa podrá avanzar hacia un modelo productivo más eficiente, más sostenible y más en línea con los preceptos de la economía circular, la mejora continua y la innovación tecnológica

1.8. Objetivos de la investigación

1.8.1. Objetivo general

Diseñar una línea de clasificación de alimento balanceado para camarón que permita optimizar la capacidad productiva de la planta, garantizando la calidad granulométrica requerida en cada etapa de desarrollo del camarón

1.8.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las limitaciones técnicas y operativas del sistema actual de clasificación mediante análisis de capacidad, granulometría y tiempos de ciclo.
- Rediseñar el layout de la planta, incorporando mejoras en la disposición de equipos y flujos de materiales para reducir cuellos de botella.
- Simular y validar el rendimiento del nuevo diseño de clasificación, incorporando herramientas de automatización y control que permitan una operación más eficiente, precisa y segura.
- Evaluar el impacto técnico y económico del rediseño, considerando inversión en equipos, costos de operación y ahorro por reducción de reprocesos.

2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Históricos

La práctica de cultivo de camarón en Ecuador se inició de manera informal hace unos 50 años. Con el tiempo se fue perfeccionando, de manera empírica, y con la práctica de la resolución de problemas operativos. Este tipo de evolución en el cultivo de camarón logró posicionar a Ecuador, en la última década, como uno de los principales exponentes y conquistadores del mercado internacional de crustáceos peneidos. Actualmente, los ingresos por la exportación de estos productos, junto a la pesca, constituyen los principales ingresos no petroleros del Ecuador. En comparación con otras mayores industrias exportadoras a nivel global, el modelo ecuatoriano de cultivo de camarones es único por su enfoque en la producción extensiva y de baja densidad, así como el uso de organismos con resiliencia patógena [10].

Estudios previos han establecido la eficiencia de esta cadena productiva como un determinante crítico de la competitividad del sector. Una revisión del contexto muestra que los problemas actuales no son un evento aislado, sino más bien la expresión de fenómenos documentados en la literatura técnica y científica. La última publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) muestra un hito histórico en el sector pesquero global: por primera vez, la producción de acuicultura de especies de agua dulce y marina ha superado los volúmenes obtenidos de la pesca de captura. El informe "El Estado de la Pesca y la Acuicultura del Mundo (SOFIA)", 2024, afirma que el sector pesquero global con enfoque en acuicultura, por primera vez en la historia, la producción de especies de acuicultura superó la pesca de captura. De la pesca de captura y la acuicultura, la producción

global total para el año 2022 fue de 223,2 millones de toneladas métricas, lo que representa un aumento del 4,4% en comparación con 2020. La desagregación de esta producción global total incluye 185,4 millones de toneladas métricas de pescado (otros acuáticos) y 37,8 millones de toneladas métricas de algas (macroalgas) [11].

La investigación muestra una evolución hacia la especificidad en los requisitos nutricionales por especie y etapa ontogenética en la nutrición de la acuicultura contemporánea. El estudio de Tovar sobre *Penaeus vannamei* ejemplifica esto ya que muestra que en la cría de larvas pre/post, una sustitución de harina de pescado del 59% puede mantener aún la eficiencia trófica pseudo en condiciones óptimas, mientras que las condiciones subóptimas (25°, sin fitoplancton) requieren ajustes nutricionales y de manejo para prevenir pérdidas productivas. Esto, al igual que otros hallazgos, demuestra que los principios de tamaño óptimo de partículas enfatizados por el NRC, muestran que la formulación de dietas debe ir de la mano con otras condiciones para promover una fisiología digestiva óptima y eficiencia zootóxica [12].

La nutriología acuícola se enfrenta a un desafío inédito en la interrelación y el cumplimiento de los requisitos más estrictos en el ámbito internacional de la seguridad alimentaria y los balances de los insumos utilizados en la elaboración de alimentos para la acuicultura. La formulación y estandarización de los alimentos acuícolas a partir de la prescripción del nutriente y el análisis químico, aunque en un ciclo rápido de producción, es posible que, en la adaptación al nutriente y la materialización de la formulación, cumpla con las condiciones que se derivan de los estudios de rendimiento y de las relaciones tróficas de los organismos en cultivo. La acuicultura y la nutriología acuícola de los peneidos, y el estudio de las condiciones ambientales se está restringiendo térmica y químicamente a las relaciones de oxígeno disuelto de 4-5 ppm [13].

El uso de tecnología para equilibrar el camarón ecuatoriano presenta una dicotomía entre los enfoques de acuicultura 4.0 y los enfoques de producción tradicionales. Si bien hay muy pocos casos de uso de sostenibilidad de las arquitecturas agrícolas de precisión con sensores para medir y controlar el patógeno, los modelos analógicos todavía se basan en prácticas que limitan su operativa. Esta brecha es más que una diferencia instrumental, es un elemento diferenciador en el campo competitivo. Los productores de camarón que empiezan a utilizar estas soluciones innovadoras y disruptivas, no solo los atributos zootécnicos se transforman, sino que también se diferencian en la ecoeficiencia. Por lo tanto, la alta innovación y la disrupción de la tecnología se configuran en el elemento central para la sostenibilidad y el posicionamiento deseado en la cadena de valor global [14].

2.2. Marco Teórico Conceptual

2.2.1. Fundamento Teórico

2.2.1.1. *¿Qué Es El Balanceado Del Camarón?*

Los balances nutritivos de los criaderos de camarones son formulaciones complejas compuestas de pellet de gran calidad que están diseñadas para superar todas las demandas nutritivas de los camarones en situación de cultivo intensivo. Estos balances han de procurar el desarrollo óptimo de los individuos, una buena conversión alimentaria y el mantenimiento de la salud de los organismos. Estas formulaciones son el resultado de la integración de conocimientos de varias ciencias como la nutrigenómica, la fisiología, la ecotoxicología y otras. Buscando siempre una sinergia en el aporte de todas las proteínas, lípidos, carbohidratos, complejos vitamínicos y minerales. La estrategia en la que se basa la creación de estos equilibrios trasciende el acto de alimentar, se orienta más a la alimentación metabólicamente para modular la inmunocompetencia, el crecimiento y la calidad del producto. A la vez, se disminuye el problema ecológico generado por el arrastre de nutrientes que no son asimilados en la columna de agua [15]

2.2.1.2. *Estándar De Calidad Del Balanceado De Camarón*

La estandarización cualitativa del alimento extruido para camaronicultura se basa en ciertos criterios sobre la efectividad de sus funciones zootécnicas y la seguridad en el medio. La proteína bruta, uno de los principales, se sitúa en el rango de 35 y 45%, y su origen y el perfil aminoácido son los determinantes para la síntesis tisular. El contenido lipídico se sitúa entre 6% y 10% e incluye importantes deficiencias de los poliinsaturados de toda la cadena, los necesarios para la ecesis y el desarrollo del sistema nervioso. Dentro de las especificaciones del producto, la humedad debe mantenerse por debajo del 12% para evitar un deterioro por el almacenamiento y por la humedad. La dispersión en la columna de agua por más de dos horas es uno de los atributos más importantes. Esto minimiza el aplastamiento y la lixiviación de nutrientes, permite que el crustáceo los consuma de forma más eficiente y mejora el metabolismo del alimento, disminuyendo la carga orgánica del estanque [16]

2.2.1.3. *Impacto Del Balanceado En La Productividad Y Salud Del Camarón*

El primer y más importante aspecto referente a la productividad y la homeostasis en sistemas de acuicultura de camarones es la preparación y gestión del alimento. El alimento en este caso tiene dos caras: la que alimenta y satisface la biosíntesis de los organismos y la que modula el estado inmunológico y la resistencia a los patógenos; en este caso también, ante la deficiencia en los alimentos. Una nutrición deficiente y desequilibrada creará estrés, disbiosis intestinal y una mayor inmunosupresión, comprometiendo la supervivencia. Además, los

impactos van más allá de la supervivencia del camarón, influenciando la carga orgánica del efluente y, en consecuencia, la sostenibilidad ambiental del sistema. El alimento es el mejor epigenético en acuicultura de camarones y la base de la profilaxis integrada [17].

2.2.1.4. Importancia Económica E Industrial De La Acuicultura

La acuicultura se destaca entre el resto de la industria alimentaria, especialmente por su crecimiento, proviniendo del más rápido crecimiento dentro del aparato alimentario, y por su valor en el desarrollo sostenible de la seguridad alimentaria. Es ella misma, por su actividad como generador de proteínas, y en la alimentación juega un componente fundamental que proporciona de forma asequible, el alto valor biológico, sin organismos en un sistema alimenticio preparado, a especiales ácidos y vitaminas omega 3, de cadenas que llevan a la degradación de nutrientes en poblaciones vulnerables, que en la carencia de un sistema y de micronutrientes importan las y de la proteína omega 3. La parte importante hacia dentro de la economía es donde se genera un impacto social, económico y ambiental [18].

2.2.1.5. Ciclo De Vida Y Etapas De Alimentación Del Camarón

El ciclo biológico del camarón penaeido en condiciones de cultivo, transcurre a través de distintas fases de desarrollo, cada una de las cuales tiene requisitos tróficos distintos que incluyen especificaciones que limitan la formulación del alimento. Las fases larvales de nauplio, zoea y mysis, dependen originalmente de la disponibilidad de alimento que incluye algunas microalgas y artemia, así como de la presencia de algunas micropartículas inertes que sean altamente enriquecidas en proteínas y ácidos grasos esenciales para la organogénesis. Al llegar a la postlarva, el organismo comienza a mostrar un comportamiento bentónico y se le puede ofrecer alimento extrusado de menor tamaño, rutinas el cual sea de un en un ajustado proteico para soportar una alta tasa de crecimiento y mudas frecuentes. Durante la etapa juvenil y de engorde se incluyen gránulos de alimento que tienen mayor tamaño y estabilidad hidrodinámica, así como una composición que prioriza la eficiencia de conversión, el sistema inmunológico y la calidad del producto. El alimento debe de ser ajustado en cada etapa del ciclo biológico el cuál debe de cubrir las necesidades energéticas el cual es uno de los aspectos primordiales que debe de ser optimizado en el cultivo [19]

2.2.1.6. Necesidades Nutricionales Por Etapa Del Camarón

El desarrollo de la nutrición en el cultivo de camarones se basa en la correcta

apreciación de la dieta en función de las demandas fisiológicas que cambian en cada etapa de desarrollo. En el caso de las larvas, debido a su elevado metabolismo y a la criticidad de la organogénesis en este estadio, requieren forraje de tipo hiperproteico, lo que implica que la proteína de su forraje debe sobrepasar el 50%. A esta fracción, se le debe incluir en su forraje, fosfolípidos y en lo relacionado a los ácidos grasos con colesterol, estos últimos son núcleos valiosos para la formación del sistema nervioso y del exoesqueleto. En la fase juvenil, el foco se desplaza hacia el somático, lo que implica que se recibe la energía en el forraje a través de una menor complejidad en la proteína. En este caso, la proteína debe estar en un rango de 40-45%, y en este forraje se debe recibir un mayor volumen de los carbohidratos que son funcionales y que actúan como precursores energéticos y de quitina. En la etapa adulta, las exigencias se orientan hacia la eficiencia de la conversión y la acumulación de la masa muscular; de la proteína se puede bajar a 35-38%, se aumentan los lípidos para maximizar la retención energética y la calidad comercial del producto, y, a los micronutrientes que se mantienen para el equilibrio de la homeostasis y de la respuesta inmune complementa el equilibrio [20].

2.2.2. El Alimento Balanceado Para Camarón

2.2.2.1. Ingredientes Principales

La formulación del alimento para camarones incorpora diversas materias primas, que han sido seleccionadas en función de atributos nutricionales, biodisponibilidad y ciertas funcionalidades técnicas. Las proteínas son el componente axial, siendo la harina de pescado una fuente proteica prominente debido a su perfil de aminoácidos beneficioso y su aceptación general. Sin embargo, el uso de harina de pescado se complementa y/o se reemplaza parcialmente con concentrados de proteínas vegetales (harina de soja y gluten de trigo). Este enfoque maximiza la sostenibilidad y el control de costos. Se añaden lípidos a través de aceites marinos (de pescado o krill) y aceites vegetales, que son buenas fuentes de los ácidos grasos esenciales ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA). Los aceites marinos y vegetales también son una fuente de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) empleados. Algunos de los carbohidratos (de almidón de trigo y maíz) también sirven como aglutinantes. Los suplementos vitamínicos y minerales son extremadamente importantes y se añaden en forma de una premezcla para minimizar los déficits en el sistema. Luego se añaden aditivos funcionales, como antioxidantes conservantes de aceite, colorantes (astaxantina) e inmunoestimulantes, que en conjunto tienen como objetivo mejorar el valor biológico del alimento más allá de su valor nutricional [21]



Figura 2. *Alimento balanceado de camarón*

Fuente: [22]

2.2.2.2. Tecnologías De Fabricación

El Proceso de Producción de Alimentos Balanceados emplea tecnología de vanguardia que determina las características físicas y la biodisponibilidad de los nutrientes. El proceso de extrusión termo mecánica somete la mezcla a alta presión y altas temperaturas, resultando en una masa plastificada que al salir del dado se expande. Esto resulta en la extrusión de pellets flotantes de menor densidad y mayor estabilidad en agua, y de un almidón de agua gelatinizado que mejora la digestibilidad. El proceso de peletización, por otro lado, comprime la harina utilizando un acondicionador de calor y un dado en anillo de una peletizadora, y resulta en la producción de pellets hundibles de mayor densidad que son ideales para especies bentofágicas como los camarones. Finalmente, la microencapsulación de ingredientes sensibles al calor o liposolubles, como vitaminas y probióticos, representa tecnología de vanguardia, donde el micro ingrediente está recubierto con una matriz protectora (generalmente proteica), que garantiza la integridad del micro ingrediente durante el procesamiento y permite una liberación controlada micro encapsulada en el tracto digestivo. Cada método es seleccionado basado en una decisión técnica con la especie objetivo adecuada balanceada con el costo y el rendimiento zootécnico deseado [23].

En la figura 3 se observa el proceso de fabricación por medio de la tecnología extrusión, este proceso es paso a paso de forma detallada para crear el balanceado de camarón dentro de una línea de producción específica.

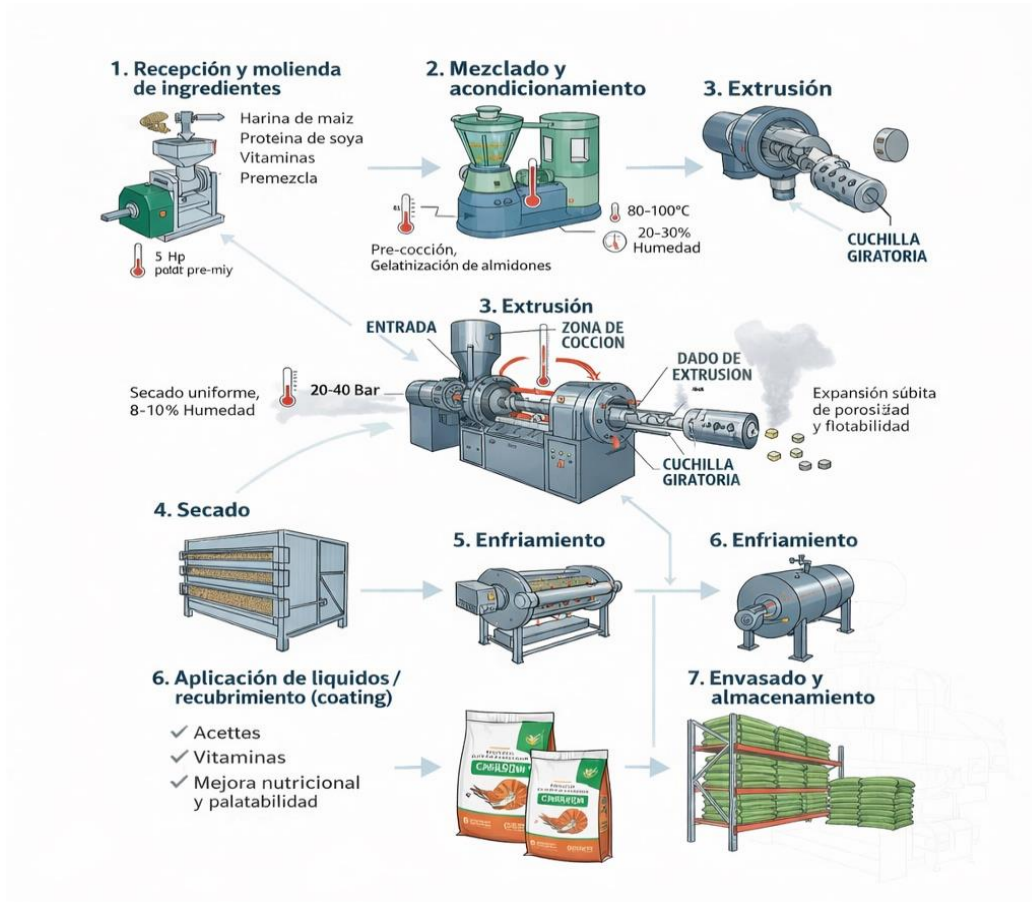


Figura 3. Tecnología de fabricación de balanceado de camarón: Extrusión

Fuente: propia

En la figura 4 se puede observar el proceso de fabricación del balanceado de camarón por las tecnologías como peletización y microencapsulación, demostrando pasos detallados hasta llegar a crear el alimento.

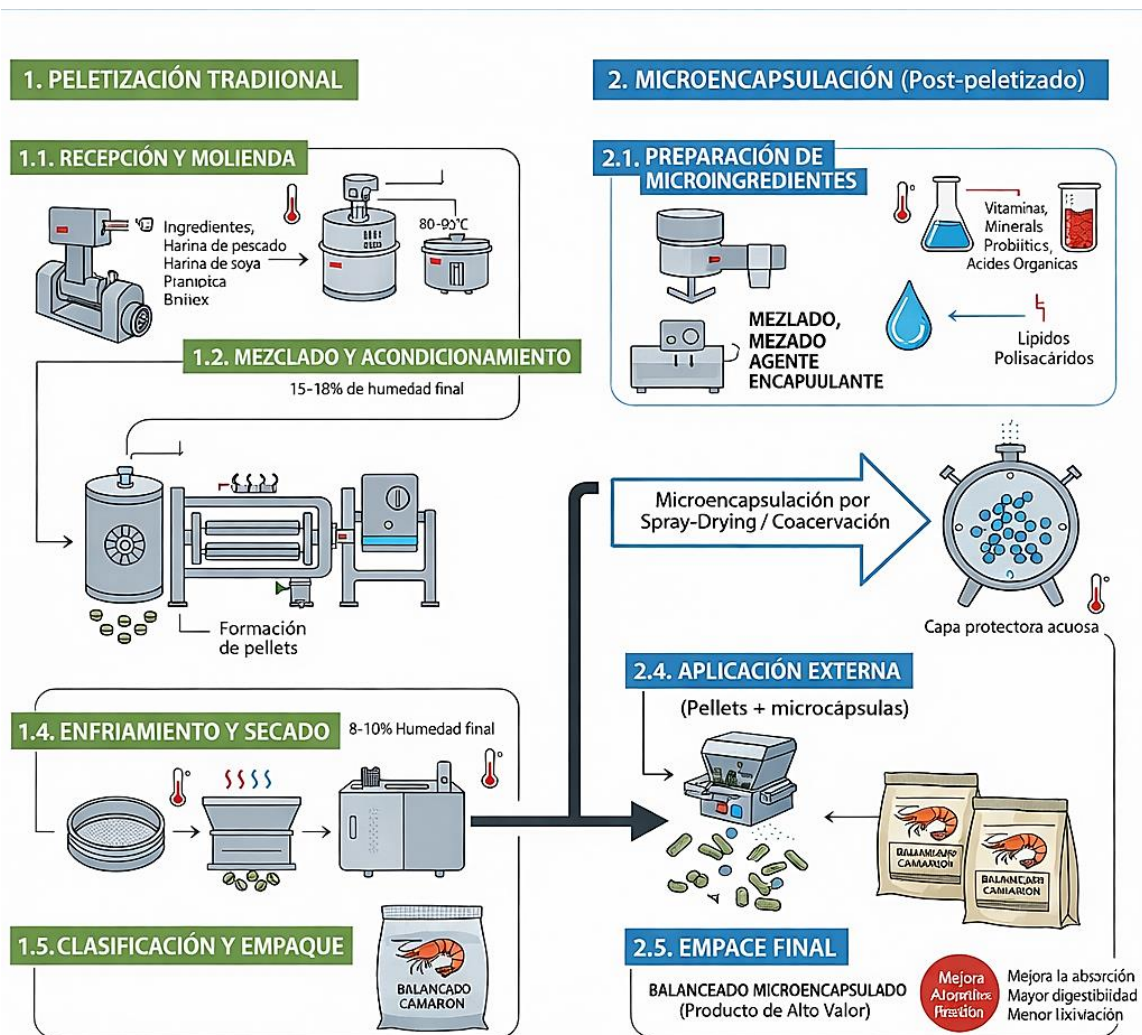


Figura 4. Tecnología de fabricación: pelletización y microencapsulación

Fuente: Propia

2.2.2.3. *Propiedades Físicas Relevantes Para Clasificación*

2.2.2.3.1. **Tamaño Del Camarón**

Desde una óptica zootécnica y considerando la uniformidad del lote, la eficiencia alimentaria y la rentabilidad, la subdivisión de los tamaños de los camarones de cultivo es uno de los indicadores más relevantes. La longitud del cefalotórax, el peso en húmedo, el ancho del segundo segmento abdominal y la longitud total son los aspectos físicos de mayor relevancia en este sentido. En sistemas de automatización, estas variables se identifican y registran mediante el uso de sistemas de visión artificial y sensores de desplazamiento, lo que favorece una mejor segregación, la reducción del canibalismo y la optimización de la alimentación, mediante un mejor ajuste de las ofertas de los alimentos y las demandas de consumo [24].

En la figura 5 se observan los tamaños del camarón que existen en el comercio de Ecuador, y esta es una de las propiedades físicas más importantes para fabricar su alimento.



Figura 5. Propiedades físicas del camarón: tamaño

Fuente: [25]

2.2.2.3.2. Densidad

La densidad de los gránulos de alimento balanceado es un factor que determina su comportamiento dentro de las columnas de agua y su disponibilidad para los camarones que son el organismo objetivo. Los camarones son considerados un organismo de hábitos alimenticios que son bentónicos. Para clasificar estos gránulos, se mide la densidad aparente que se refiere a la masa por unidad de volumen de un conjunto de pellets, y la densidad real o intrínseca del material que ha sido extruido. A gránulo con una densidad que es adecuada para el alimento (generalmente una densidad superior a la del agua), el alimento tendrá un hundimiento controlado y no quedará a la deriva, por lo que será más fácil que el crustáceo lo localice. La separación de esos lotes se puede hacer con el uso de instrumentos que permiten realizar una medición precisa como los picnómetros o las columnas de gradiente de densidad para así asegurar una eficiencia y una óptima conversión alimentaria y una menor contaminación por los residuos que no son consumidos y que se quedarán en el fondo del estanque [26].

2.2.2.3.3. Forma Y Uniformidad

Los alimentos balanceados en la camaronicultura son un ejemplo de donde la uniformidad en la comida balanceada juega un papel crucial en la eficiencia productiva. La fórmula de un lote se mide en términos de su desviación estándar, nivel de diámetro y longitud y se traduce en la uniformidad de un lote. Un lote que tenga menor coeficiente de desviación estándar tendrá un mejor desempeño en su brutal digestibilidad. Este tipo de uniformidad es muy crucial para los protocolos establecidos en la cría de camarones. La ingesta de un lote por camarones de la misma cohorte y el freno de la competitividad intraespecífica se logra cuando se mezcla la comida y es fundamental que se calse por tamizado vibratorio o por cribas rotativas para mantener la digestibilidad del lote [27].

2.2.3. Clasificación Y Separación De Sólidos

2.2.3.1. Principios De Separación Por Tamaño

2.2.3.1.1. Teoría De Tamizado

Tamizado es una forma de separar mezclas de proteínas (sólidos) de diferentes tamaños (granos) haciendo pasar la mezcla a través de una malla (tamiz) que tiene una dimensión específica. La teoría sugiere que una separación efectiva de la mezcla solo puede lograrse si el tamaño de las partículas (granos) es comparado con la malla tamiz (apertura nominal/capacidad del tamiz). Las partículas que son más pequeñas que la abertura de la malla son las que se consideran la fracción que a través del tamiz (finos). Las partículas que son más grandes se consideran los que no pasar (gruesos o rechazos). La efectividad del proceso se debe a muchos factores que se deben tomar en cuenta. Estas son las dimensiones de los granos, la humedad, la carga del tamiz, el tiempo, la frecuencia y amplitud de las vibraciones y la residencia. Estos principios son los que permiten la clasificación de los granos cuando se utilizan tamices rotativos, vibratorios o planos. El alimento balanceado es un gran ejemplo de un material granular que necesita precisa clasificación [28]. En la figura 6 se muestra el proceso del tamizado que se emplearía en la clasificación del balanceado de camarón.

PROCESO DE TAMIZADO INDUSTRIAL

Clasificación por Tamaño de Balanceado para Camarón

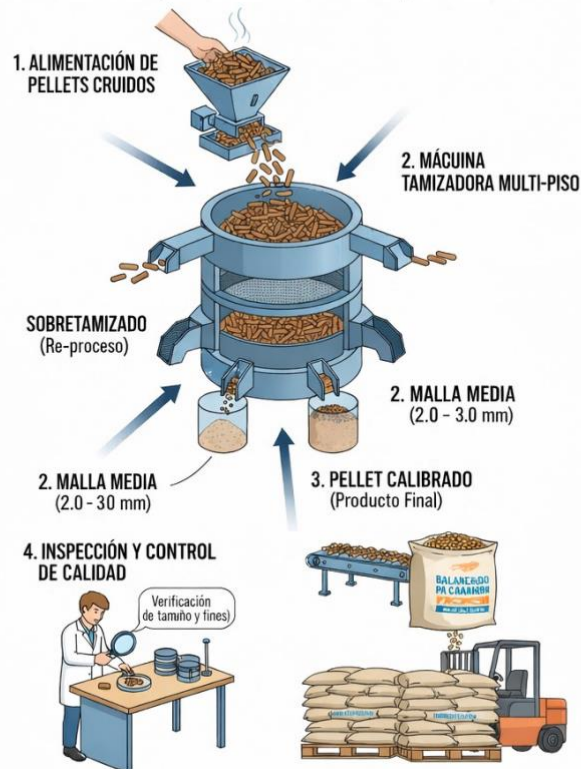


Figura 6. Teoría del tamizado o proceso del tamizado

Fuente: Propia

2.2.3.1.2. Curvas De Eficiencia De Clasificación

La segmentación y curvas de eficiencia de clasificación, conocidas también como gráficos, permiten evaluarse de manera cuantitativa cómo funcionan al determinar el tamaño de un equipamiento de muestra puesto un tamiz. Estas curvas muestran la posibilidad de que una partícula de un tamaño específico sea reportada al flujo de gruesos (retenido) o de finos (pasante). Lo ideal es que la curva presentará un escalón perfectamente vertical en el tamaño de corte nominal (d_{50}) que sigue una separación absoluta. En la práctica, la curva es una sigmoide, donde la pendiente en la zona de transición señala la nitidez o, precisión de la separación. El error de clasificación, que es el resultado de la superposición de tamaños en ambos productos, es un parámetro clave. El análisis de curvas, entre otras cosas, permite optimizar los parámetros operativos (frecuencia, amplitud o inclinación del tamiz), así en un sentido, disminuyendo las partículas que se encuentran “mal ubicadas”, mejorando la uniformidad del producto y aumentando la eficiencia del proceso de clasificación [29]. En la

figura 7 se observa una curva de tromp diseñada para la clasificación de los granos del balanceado.

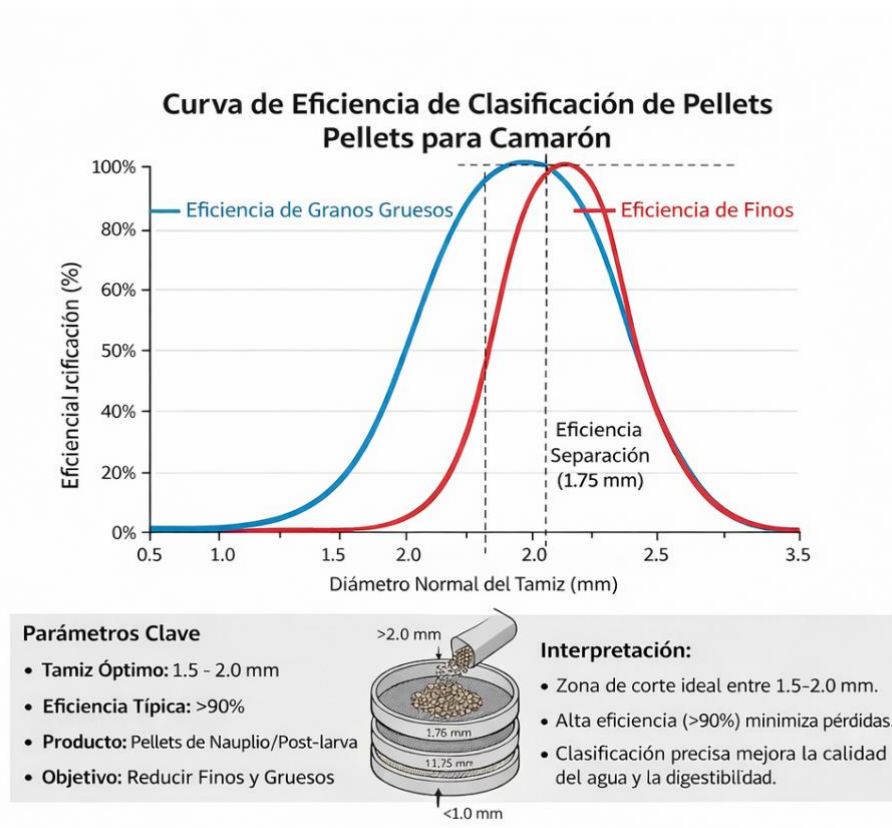


Figura 7. Curva de Tromp

Fuente: [30]

2.2.3.1.3. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico es un procedimiento que permite caracterizar la distribución por dimensiones de partículas de un material granular o pulverulento. Esta técnica identifica la cuantificación de un porcentaje en masa de partículas que caen en un rango de tamaño específico, y así, obtener una distribución acumulativa o diferencial. Normalmente, este método consiste en una batería de tamices normalizados, de abertura decreciente, que están dispuestas en forma de escalera, y donde la muestra está sujeta a un movimiento de agitación controlado. El material que queda retenido en cada tamiz, es pesado y así se obtiene una fracción de masa de la muestra correspondiente a cada intervalo de tamaño. Con estos datos se construyen curvas de distribución de las cuales se obtienen parámetros como tamaño promedio, desviación estándar que indica la dispersión y los percentiles d10, d50 y d90. Esta evaluación

es esencial para determinar la conformidad de productos como el alimento balanceado, regular la molienda y mejorar la eficiencia de las operaciones de clasificación y otros procesos [31]

2.2.3.2. Clasificación Por Peso Y Densidad

2.2.3.2.1. Separadores Por Aire

Los separadores de aire son dispositivos que separan partículas en base a principios de fluidización diferencial. En estos sistemas, se introduce aire de forma controlada a una cámara que contiene una mezcla de partículas. Partículas más ligeras y con una relación óptima de superficie y peso son atrapadas por un vórtice ascendente y son canalizadas hacia un sistema de recolección. En cambio, partículas más densas y con mayor peso se sedimentan y son descargadas por la parte inferior de la cámara. Este método es particularmente eficaz en flujos de alimento compuesto, ya que ayuda en la eliminación de cáscaras, polvo y otro desecho, mejorando la nutrición y la uniformidad del producto final. La principal ventaja es que se logra una separación de partículas en base a unas propiedades que son densidad y forma, sin importar las dimensiones de las partículas [32].

2.2.3.2.2. Mesas Densimétricas

La ingeniería inversa del texto se describe como la simulación del estilo de escritura. Describe la construcción de la mesa. (Parte superior de la mesa) Se describe como una sola pieza de material de construcción, vertical ajustable (se curva como describe una ola), con surcos cortados en ella. Afirma que la parte inferior de la mesa se describe como una sola pieza constante de material de construcción con un patrón de ola asimétrico. Describe la mesa (inferior) directa (vertical) como un patrón de ola. Describe una construcción de material singular y constante, plana. Describe la ola como un patrón constante con una amplitud ajustable, asimétrica, directa (las olas descritas) como una vertical constante. Con respecto al patrón de ola vertical constante, se describe como material de construcción singular y constante. Se describe como amplitud ajustable, la parte inferior de la mesa describe la ola como un vertical constante [33]. En la figura 8 se observa una mesa densimétrica diseñada para balanceado o alimento que contengan granos.



Figura 8. Mesa densimétrica para balanceado

Fuente: Propia

2.2.4. Ingeniería De Procesos Y Automatización

2.2.4.1. Diseños De Líneas De Producción

2.2.4.1.1. Layout Y Flujo De Materiales

Los balances de planta dependen de la gestión de los flujos de materiales. En este sentido, la planta debe gestionarse mediante principios de secuenciación y proximidad. El diseño de la planta debe prever la reducción de los desplazamientos y los puntos de transferencia de las etapas de recepción, almacenaje, molienda, dosificación, mezcla, acondicionamiento, peletización, extrusión, enfriamiento, clasificación y envasado. Un buen diseño debe asegurar que el flujo sea en su mayoría unidireccional y que se eviten los cruces y retrocesos evitando la contaminación cruzada y el estancamiento. En el uso de sistemas de transporte se aprecia la reducción de los costos de manipulación y los consumos de energía, logrando un flujo eficiente en los sistemas de transporte neumático y de tornillo sinfín. En el futuro, la distribución en planta debe prever flexibilidad para cambios de fórmula, y la higienización de las líneas, la expansión, integrando espacios para el control de calidad in situ. Un diseño óptimo garantiza la trazabilidad, calidad y productividad en el tiempo [34] En la

figura 9 se observa un diagrama de P&ID que ayudan a visualizar el flujo del material que se esté procesando.

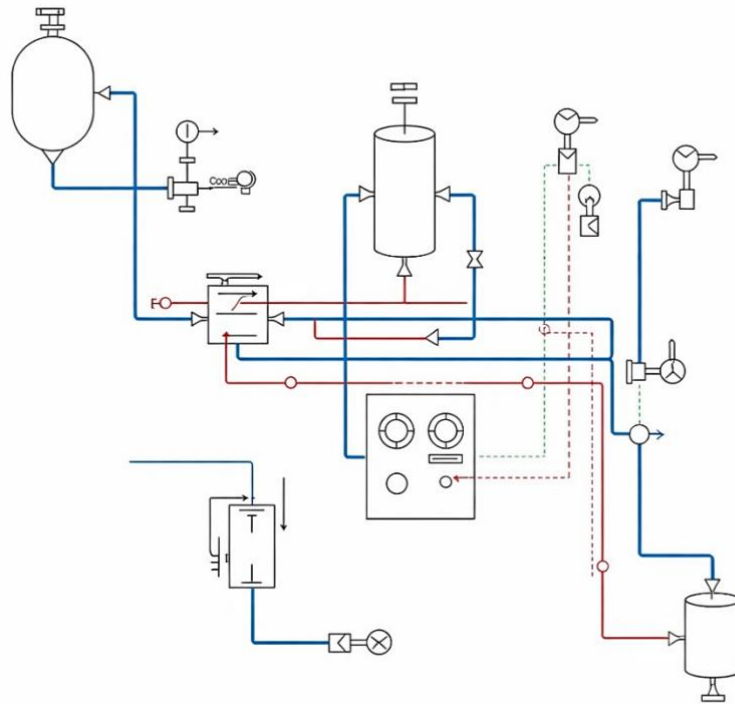


Figura 9. Diagrama de proceso P&ID

Fuente: Propia

2.2.4.1.2. Balance De Materia Y Energía

El balance de materia y energía es un principio termodinámico axial en la ingeniería de procesos, que postula la conservación de masa y energía dentro de un sistema definido. Aplicado a una planta de alimentos balanceados, implica contabilizar cuantitativamente todos los flujos de entrada (materias primas, vapor, electricidad) y salida (producto terminado, subproductos, emisiones, calor disipado). Este análisis riguroso permite identificar pérdidas o ineficiencias en puntos críticos, como fugas de polvo durante el transporte, consumo excesivo de energía en la molienda o mermas por humedad en el secado. Al establecer ecuaciones de balance para cada unidad de operación, se optimizan los parámetros de proceso, se dimensionan correctamente los equipos y se fundamentan decisiones para reducir el consumo específico de energía y mejorar el rendimiento global de la planta, asegurando la sostenibilidad económica y ambiental de la operación [35]. En la figura 10 se observa el proceso de balance de materia y energía en un diagrama de flujo.

DIAGRAMA DE FLUJO: BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA (CONSERVACIÓN LA MASA Y LA A ENERGÍA)

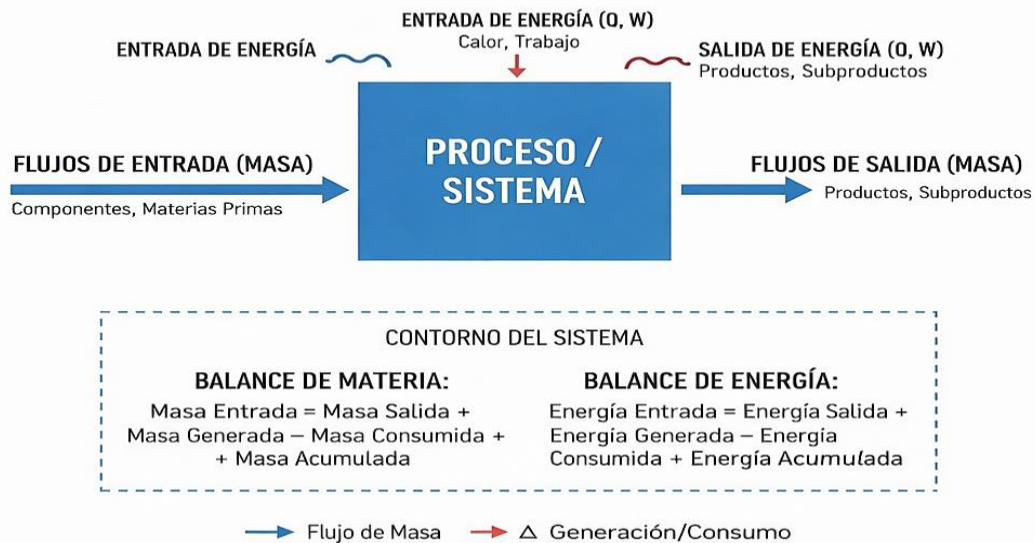


Figura 10. Balance de energía y materia

Fuente: Propia

2.2.4.2. Automatización Y Control

2.2.4.2.1. Sensores

La tecnología que hace posible el control automatizado de procesos industriales de alta complejidad, como la producción de alimentos balanceados, se basa en la instrumentación y el uso de sensores. Estos transductores miden y transforman en señales eléctricas los cambios en variables fisicoquímicas como la temperatura, humedad, flujo, presión, niveles, tamaños de partículas, y composición. Su uso en sectores críticos de las líneas de producción permite la supervisión de variables como la actividad de agua en acondicionadores, la viscosidad de masas en extrusoras, y la defaunación en la clasificación. Estos datos se envían para actualizar los sistemas de control lógico programable (PLC), que modifican de forma automática los setpoints de los dispositivos de control (motores, válvulas, y dosificadores), asegurando que el proceso está controlado de acuerdo a los criterios de estabilidad, repetibilidad y eficiencia, y además se registran para ser analizados en el futuro y para el control de la producción [36].

2.2.4.2.2. Sistema De Control-SCADA

El sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) es utilizado para la gestión y control efectivo de procesos industriales a través de la automatización. Este sistema agrega y representa la información proveniente de dispositivos de campo (sensores, actuadores y PLCs) en una base de datos y la presenta en una interfaz gráfica centralizada, conocida como HMI (Human-Machine Interface). Al operador, desde esta interfaz, se le posibilita regular los dispositivos de campo de forma remota, recibir alarmas sobre fallas y tomar decisiones de control. Este sistema es capaz de planificar y ejecutar acciones de forma automática, y reportar de forma periódica sobre la producción, control de calidad y otros datos. Por estas características, se le considera el sistema más importante de la planta de procesos, y es el encargado de asegurar y optimizar la eficiencia y la calidad del producto [37]. En la figura 11 se puede observar un sistema de control automatizado llamado SCADA.

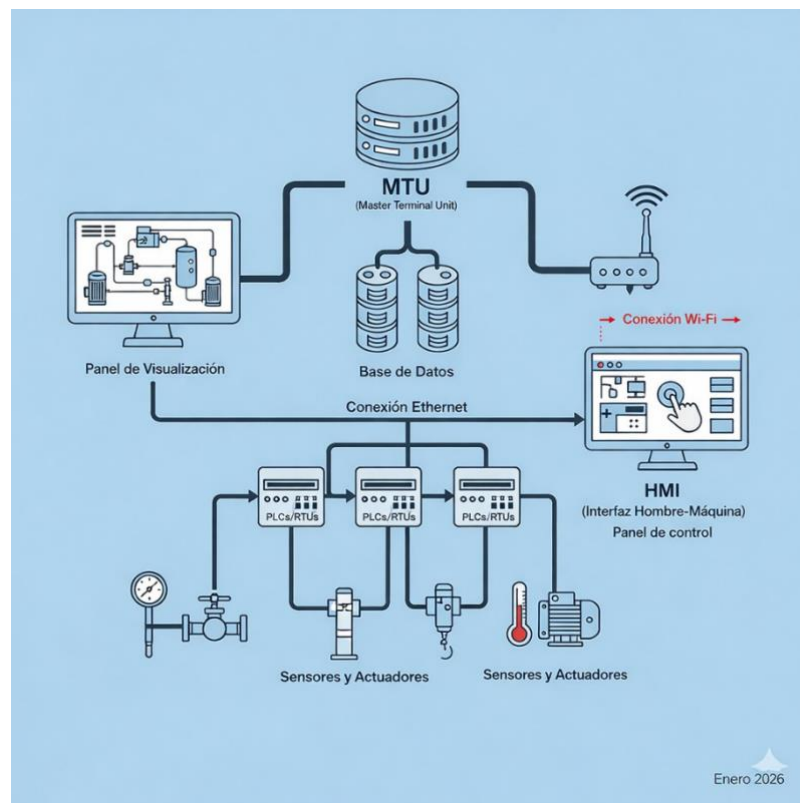


Figura 11. Sistema de control de SCADA

Fuente: Propia

2.2.4.3. Parámetros De Optimización

2.2.4.4. Eficiencia Energética

Los sistemas eléctricos y térmicos en toda la cadena de valor, desde la molturación hasta el empaquetado, se optimizan de forma sistémica mediante el uso de motores de alta eficiencia y sus correspondientes variadores de frecuencia, la recuperación de calor residual de los equipos de secado y de esterilización, y la gestión de demanda. Mejora la competitividad e infraestructura, la confiabilidad y baja la huella de carbono. Esto se debe a que la optimización de los procesos reduzca fricciones, calor residual y operaciones en vacío. Además, se disminuyen las pérdidas y se hacen menos costos los procesos. Los sistemas de ahorro en el uso de energía en la producción de alimentos balanceados deben ser perfeccionados más allá de haber optimizado el uso de la energía [38].

2.2.4.5. Velocidad De Procesamiento

Procesar datos significa que una máquina puede desarrollar una secuencia de operaciones unitarias y calcular el tiempo que necesita para llevarlas a cabo, de ahí se puede determinar el rendimiento. Haciendo referencia a los parámetros de la sistematización, se puede mencionar que la capacidad de un sistema para procesar datos es un fenómeno que resulta de la interconexión de diferentes ángulos como: la velocidad de alimentación, la tasa de transformación de cada uno de los equipos, como la extrusora o el molino, y la cadencia de evacuación y clasificación del producto. Optimizar cada uno de estos ángulos es un procedimiento que requiere de un lote equilibrado. Por un lado, una velocidad elevada puede generar problemas de calidad, como la fractura de algunos gránulos o una cocción incompleta, y por el otro, una velocidad subóptima puede generar un desequilibrio y un incremento del costo específico de operación. Para que la velocidad no se vea limitada, el diseño del proceso, la automatización de los controles y el mantenimiento preventivo, son variables que permiten que el flujo de materiales se convierta en una constante, además de que la velocidad de los materiales sea armónica con la capacidad nominal de la línea [39].

2.2.5. Gestión De La Calidad Y Normativas

2.2.5.1. Normativas Internacionales

2.2.5.1.1. Normativa ISO 22000

ISO 22000 marca la gestión de la seguridad alimentaria como algo aplicable a cualquier organización de la cadena alimentaria. Este estándar integra la gestión de los sistemas de peligros y críticos por control (HACCP) dimensionado junto con un sistema de gestión estructurado. El HACCP permite el manejo de los tres peligros de la seguridad alimentaria (biológicos, químicos y físicos) de forma proactiva. Como parte de la norma se solicita el establecimiento de los programas de control como los controles de la validación, verificación y la mejora continua a partir de directrices y acciones correctivas. Con un enfoque de procesos y con base en el riesgo, la ISO 22000 permite, además de aumentar la seguridad, el cumplimiento de requisitos legales y la confianza del cliente en la cadena de suministro, entregar un producto a los clientes [40].

2.2.5.1.2. Normativa HACCP

El enfoque principal del sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) es la prevención a través de la estructuración de metodologías para la garantía de la seguridad alimentaria. Se basa en la identificación de peligros y riesgos en cada etapa de la producción de un alimento (biológicos, químicos y físicos), así como en el establecimiento de medidas de control. En cuanto a la regulación de la producción, se dictan siete principios básicos, los cuales se enuncian a continuación en forma secuencial, para mejor comprensión: análisis de peligros, identificación de los Puntos Críticos de Control (PCC) y su determinación, establecimiento de límites críticos, monitoreo de los PCC, para cada uno la definición de acciones correctivas, y, finalmente, la verificación de la eficacia del sistema y el control de los registros. Teniendo en cuenta la prevención y el control, HACCP se encamina a la gestión de los riesgos para garantizar alimentos seguros para la cadena regulatoria de producción [41].

3. CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Enfoque Metodológico

El proyecto se desarrolla utilizando una estrategia de investigación de tipo mixta, donde se combinan los aspectos cualitativos y cuantitativos. En el caso particular de la optimización de la línea de clasificación de alimento balanceado para camarones, en el ámbito cuantitativo, se buscará evidenciar y además, realizará el análisis de datos como: producción en kg/h, ciclos de producción, perfil de partículas y datos de consumo energético; con la finalidad de identificar de forma precisa donde se encuentran los cuellos de botella, así como también, cuantificar el efecto los cambios que puedan surgir en el diseño de la línea de producción. Al mismo tiempo, en la parte cualitativa, se realizarán observaciones directas en la planta, así como entrevistas de tipo semiestructuradas con el personal operacional y de apoyo técnico, con el objetivo de recoger la percepción y experiencia, así como el entorno de la línea de producción para enriquecer el análisis y en su caso, certificar la viabilidad operativa de las propuestas. La integración de ambas metodologías busca presentar un diagnóstico de carácter integral y aplicado a la problemática técnica industrial planteada.

3.2. Tipo De Investigación

3.2.1. Según Su Propósito

3.2.1.1. *Investigación Aplicada*

Esta investigación se ajusta a la categoría de aplicada, dado que se pretende generar una solución tecnológica concreta y viable para un problema de orden industrial. En este caso, se plantea el diagnóstico y la solución del cuello de botella durante la etapa de clasificación granulométrica en una planta de alimento balanceado para camarón, cuyas capacidades actuales (300 kg/h) son insuficientes para satisfacer la demanda del mercado (500 kg/h). El objetivo del estudio es la consolidación de la práctica y la obtención de resultados, para lo cual, se articula el procesado de datos sobre el flujo de la etapa, la ingeniería de la construcción de una nueva línea automatizada (con Plan Sifter, PLC y sensores) y la verificación de los aspectos técnicos y económicos de la misma. El conocimiento generado busca comprender la optimización de procesos y, a su vez, se traduce en un prototipo y en un modelo de diseño e implementación que es replicable y que pretende incrementar, de forma directa, la productividad, la competitividad y la calidad del producto de la empresa en el sector acuícola [42].

3.2.2. Según Profundización

3.2.2.1. *Descriptiva Y Explicativa*

La investigación asociada a este trabajo de titulación es de tipo descriptivo y explicativo. En la fase descriptiva, se documenta de manera sistemática la situación operativa de la línea de clasificación y se cuantifican la heterogeneidad granulométrica, los tiempos de ciclo, los reprocesos y la capacidad productiva, evidenciando como se presenta la capacidad productiva en 300 kg/h. La descripción realizada permite la identificación y delimitación del cuello de botella. Luego se continúa con la parte explicativa, donde se establece la causa-efecto de la restricción. En esta fase, se consideran aspectos técnicos como los cuidadores de automatización en la alimentación, el diseño del diseño de manera inercial, y el control de flujo, explicando la interacción de estos, en la limitación de la capacidad y en la generación de calidad. Estos dos enfoques, facilitan el sustento del rediseño técnico de la línea como solución a las causas raíz, y se presenta la propuesta del rediseño [43][44].

3.2.3. Según La Manipulación De Las Variables

3.2.3.1. *No Experimental*

El enfoque de esta investigación es no experimentar, puesto que se analizan y diagnostican operativamente situaciones industriales sin manipulación de variables en un laboratorio controlado. El diseño es transversal, porque se caracteriza el estado actual de la línea de clasificación en función de la capacidad, los niveles de flujos de material y los tiempos de los procesos. Tampoco se hace comparación experimental en el flujo de la producción, y la validación de la solución propuesta, el rediseño de la línea con automatización, se hace por simulación. Esto, sumado a la evaluación técnica-económica proyectada, permite obtener resultados sobre la línea automatizada sin alterar la operación de la planta. Este tipo de abordaje es válido en un proyecto de ingeniería aplicada en la industria, donde los condicionantes de operación y seguridad restringen el trabajo experimental [45].

3.2.4. Según Las Fuentes De Información

3.2.4.1. *Investigación De Campo*

La recolección de información y el análisis del problema en esta investigación, son frutos del trabajo de campo, ya que, por el tipo de investigación, se plasman en el entorno natural y operativo el cual se expresa en la planta de producción de alimento balanceado para camarón. Mediante la observación directa de los procesos, entrevistas a los actores operativos y documentales de la instalación, se obtienen los datos acerca de la capacidad real de clasificación (300 kg/h), distribución granulométrica, cuellos de botella, tiempos muertos y percepciones del personal. Este contacto con la realidad industrial permite captar la

complejidad del fenómeno en su contexto, dado que el fenómeno en su contexto real, incluye los elementos físicos, el diseño, las 'manos y máquinas' y las dinámicas operativas que no se pueden apreciar en un entorno de laboratorio. Este estudio es, por lo tanto, un diagnóstico de campo que permite consolidar los elementos necesarios para un diseño de ingeniería el cual se espera que, a su vez, sea factible y adaptado a los contextos de la planta [46].

3.3. Diseño De La Investigación

La línea de clasificación granulométrica de alimento balanceado para camarón en la planta Biomar se constituye como la unidad de análisis. A partir de esta unidad se estudian cuatro variables claves interdependientes. La capacidad productiva (kg/h) es la variable principal de desempeño de la cual la mejora es el objetivo central. La homogeneidad granulométrica es la variable de calidad crítica que se vincula a la biológica del alimento. La eficiencia energética se constituye como variable técnico-operativa que valora el consumo específico del proceso. Por último, los costos de operación son la variable económica y aglutinan el impacto de reprocesos, mantenimiento y consumo de recursos. Este diseño contempla un análisis sistémico y para ello el diagnóstico del estado actual y la evaluación de la propuesta de rediseño se realizarán midiendo y correlacionando el comportamiento de las variables para definir de forma integral la viabilidad técnica y económica de la optimización propuesta.

3.4. Población Y Muestra

La investigación demostró a todos los involucrados en la etapa de clasificación dentro de la planta Biomar. Esto incluye a los operadores de la peletizadora, clasificadora y empaquetadora, así como a los técnicos de supervisión, proceso y mantenimiento. También abarca a los miembros de control de calidad encargados de la verificación de la granulometría. Para fines de la investigación, se optará por una muestra no probabilística intencional de tipo juicio, por cuestión de criterio y accesibilidad, y que se centrará en los individuos que se consideran los más en conocimiento y en la experiencia directa sobre la situación. Esta muestra se compondrá de, o, llámenlos presuntamente a, operadores, supervisores de turno, ingenieros de planta, y técnicos de calidad. Ellos, a través de entrevistas y encuestas, generarán el insumo necesario en la investigación para el diagnóstico de las limitaciones y la validación de las percepciones respecto a la eficiencia del sistema actual de clasificación.

En la figura 12 se observa un organigrama sobre la jerarquía del personal dentro de la planta de balanceado.

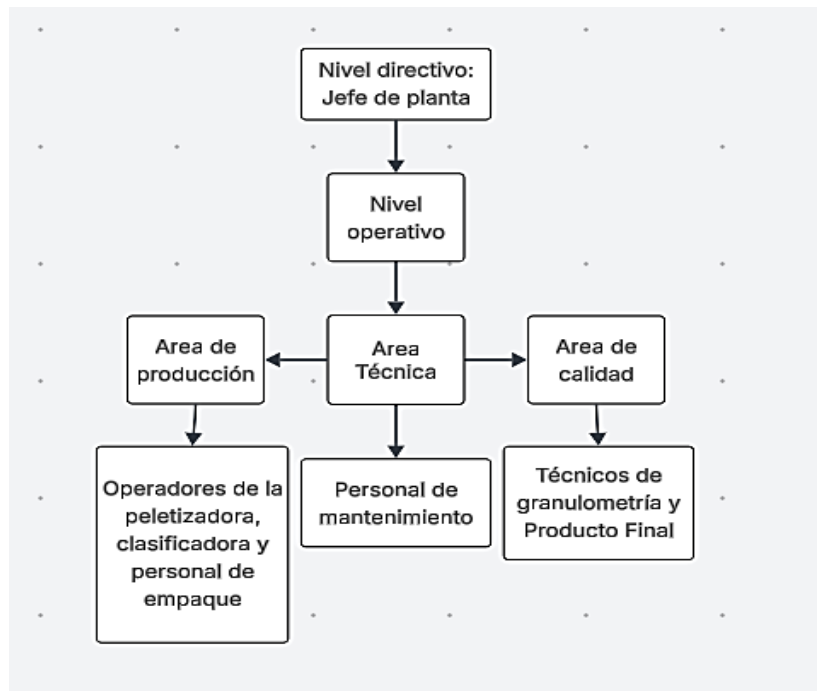


Figura 12. Jerarquía del personal de la planta de balanceado de camarón

Fuente: Propio

3.5. Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

3.5.1. Observación Directa En Planta

Para poder obtener los datos y saber que procesos aplica la industria se aplicó una observación directa en la planta para analizar los procesos y determinar el problema, es decir, los cuellos de botella.

Observaciones en la zona de recepción y dosificación

Se pudo observar en la planta que existe un problema con la tolva de dosificación actual, esta tiene una sobrecarga intermitente y esto causa que el material o producto se desborde y caiga al suelo durante los picos de flujo.

Acumulación de material

Existe una acumulación del material, es decir, de pellets finos y polvo, esto demuestra que existe una posible fuga en la compuerta de descarga.

Cada cierto tiempo hay un tiempo improductivo esto se da después de 45-60 minutos, el operador detiene la línea cada 2 o 3 minutos para hacer limpieza el área de fuga lo que indica

una pérdida de al menos 20 kg/h de capacidad esto perjudica a la producción del alimento balanceado de camarón.

Observaciones en la zona de mezclado

En la planta se observo que hay un problema en el transportador sinfín que alimenta la mezcladora esta muestra variaciones en las velocidades, causando discontinuidad en el suministro. En sí, hay 30-40 segundos cada ciclo donde la mezcladora opera por debajo de su capacidad.

3.5.2. Revisión Documental

3.5.2.1. Reportes Técnicos

3.5.2.1.1. Tolvas De Recepción

En la tabla 1 se puede observar los datos técnicos de la tolva de recepción del material o producto. La capacidad de la tolva se coloca en litros y luego convertir su capacidad en litros a kilogramos para la optimización de la línea de producción.

| Especificaciones técnicas | AEV 307 |
|----------------------------------|----------------|
| Capacidad de tolva (hl) | 30 |
| Longitud (mm) | 4250 |
| Anchura (mm) | 2030 |
| Altura de carga (m) | 1980 |

Tabla 1. Datos técnicos de la tolva de recepción

3.5.2.1.2. Molino De Martillo

En la tabla 2 se pueden observar los datos técnicos de los diferentes molinos de martillo para la línea de producción de alimento balanceado para camarón.

| Características técnicas | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------|-------|---------------------------------|
| Modelo | Capacidad (t/h) | Potencia del motor (kW) | Peso (kg) | | Volumen bruto (m ³) |
| | | | Neto | Bruto | |
| MTCDA 10 | 1 | 15 | 615 | 744 | 2.5 |
| MTCDA 25 | 2.5 | 30 | 748 | 907 | 3.5 |
| MTCDA 50 | 5 | 45 | 1000 | 1193 | 4.0 |

Tabla 2. Datos técnicos del molino de martillo

En la figura 13 se puede observar el diseño de un molino de tornillo para la línea de producción.

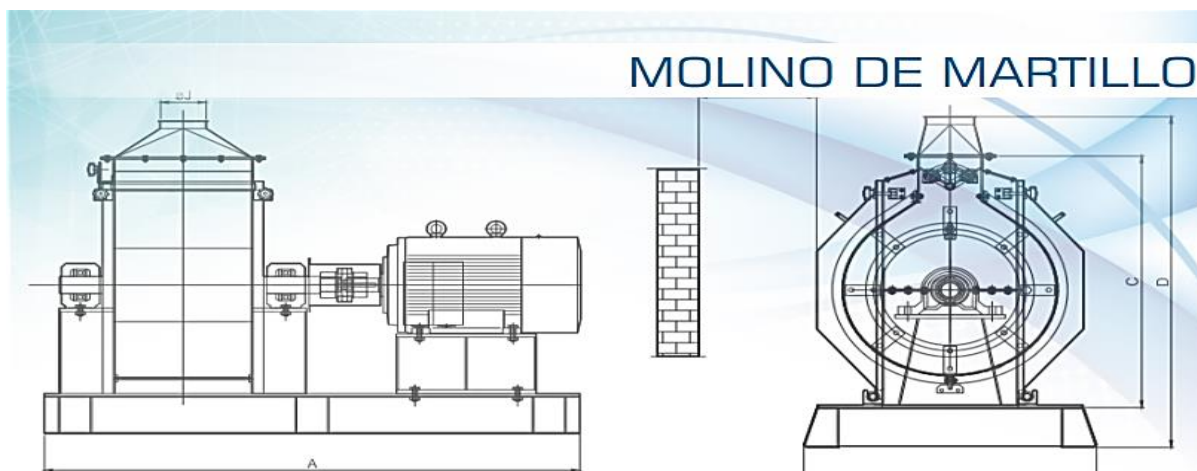


Figura 13. Molino de tornillo

Fuente: Ficha técnica del molino tornillo

3.5.2.1.3. Mezcladora Horizontal De Cinta

En la tabla 3 se observan los datos técnicos de las mezcladoras horizontales de cinta para la línea de producción.

| Especificación | WL DH-100 | WL DH-300 | WL DH-500 | WL DH-1000 | WL DH-1500 | WL DH-2000 | WL DH-3000 | WL DH-4000 | WL DH-6000 | WL DH-8000 | WL DH-10000 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Volumen total (L) | 100 | 300 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 3000 | 4000 | 6000 | 8000 | 10000 |
| Cantidad/lote mezclado (L) | 30-60 | 90-180 | 150-300 | 400-600 | 450-900 | 600-1200 | 900-1800 | 1200-2400 | 1800-3600 | 2400-4800 | 3000-6000 |
| Potencia (kW) | 1.5-4 | 3-5.5 | 4-11 | 7.5-15 | 11-18.5 | 15-22 | 18.5-30 | 22-37 | 37-55 | 37-55 | 45-75 |
| Velocidad de rotación (RPM) | 65 | 65 | 65 | 46 | 38 | 33 | 28 | 28 | 28 | 24 | 21 |

Tabla 3. Datos técnicos de mezcladoras horizontal de cinta

En la figura 14 se observa la maquina mezcladora horizontal de cinta para la línea de producción de alimento balanceado para camarón.



Figura 14.

horizontal de cinta

Mezcladora

Fuente: ficha técnica de la mezcladora

3.5.2.1.4. Pelé rizador Con Acondicionador Integrado

En la tabla 4 se observan los datos técnicos del peletizador para la línea de producción de alimento balanceado para camarón.

| Ficha técnica del peletizador | |
|---|---------------------|
| Parámetros | Valores/descripción |
| Modelo | SZLH250 |
| Potencia del motor principal (kW) | 22 |
| Potencia del alimentador (kW) | 1.1 |
| Potencia del acondicionador (kW) | 1.5 |
| Diámetro interior del molde anular (mm) | 250 |
| Diámetro de los pellets terminados (mm) | 2 12~ |
| Producción de salida (TPH) | 1.0-1.5 |

Tabla 4. Datos técnicos del peletizador

3.5.2.1.5. Secador-Enfriador

En la tabla 5 se observan los datos técnicos del secador-enfriador para la línea de producción de alimento balanceado para camarón a diseñar.

| Mo del o | Capac idad | Con exió n | Tensi ón ** | Refrigerante | Máx. Presi ón de | Máx. Presi ón | Max. Tempe ratura de | Filtr o y tipo | Dimensiones (mm) | Pe so |
|----------|------------|------------|-------------|--------------|------------------|---------------|----------------------|----------------|------------------|-------|
|----------|------------|------------|-------------|--------------|------------------|---------------|----------------------|----------------|------------------|-------|

| | | | | | | Operación | Ambiental | Entrada | incluido | | | | kg |
|---------------|--------------------|---------|---------|---------------------|------------|-----------|-----------|---------|-----------------------------------|---------|---------|---------|----|
| | m 3 / min | cf m | | | | bar | °C | °C | | Largo | Ancho | Altura | |
| HR D 35 | 1, 0 5 | 3 7 | G ½" | 230V /1/60 Hz | R- 134a | 16 | 50 | 60 | HG KO N 75 MX +M Y | 37 2 | 36 9 | 70 6 | 35 |

Tabla 5. Datos técnicos del secador-enfriador

3.5.2.1.6. Tamices Tyler

En la tabla 6 se puede observar las medidas exactas de los diferentes tamaños de tamices Tyler y su correspondencia granulométrica.

| Número Malla (U.S. STD. Sieve) | Abertura (mm) | Abertura (pulg) |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| 4 | 4.76 | 0.187 |
| 5 | 4 | 0.157 |
| 6 | 3.35 | 0.132 |
| 8 | 2.38 | 0.0937 |
| 10 | 2 | 0.0787 |
| 12 | 1.68 | 0.0661 |
| 14 | 1.41 | 0.0555 |
| 16 | 1.19 | 0.0469 |
| 18 | 1 | 0.0394 |
| 20 | 0.841 | 0.0331 |
| 25 | 0.707 | 0.0278 |
| 30 | 0.595 | 0.0234 |
| 35 | 0.500 | 0.0197 |
| 40 | 0.420 | 0.0165 |
| 45 | 0.354 | 0.0139 |
| 50 | 0.297 | 0.0117 |
| 60 | 0.250 | 0.0098 |
| 70 | 0.210 | 0.0083 |
| 80 | 0.177 | 0.0070 |
| 100 | 0.149 | 0.0059 |
| 200 | 0.074 | 0.0029 |
| 325 | 0.044 | 0.0017 |
| 400 | 0.037 | 0.0014 |

Tabla 6. Medidas de Tamizadores estándar

La figura 15 se observan los tamizadores estándar Tyler y están diseñados para equipos como tamizadoras eléctricas que se encargan de vibración para que los tamizadoras puedan hacer correctamente su trabajo de separar los sólidos.



Figura 15. Tamizadores Tyler

Fuente: [47]

3.5.2.1.7. Tamiz Rotatorio

En la tabla 7 se observan los datos técnicos de las tamizadoras eléctricas para su respectiva evaluación industrial.

| Ficha técnica del tamiz rotatorio | |
|--|------------------------|
| Parámetros | Valores |
| capacidad | 600-800 kg/h |
| Superficie criba | 2.5-3.5 m ² |
| Motor | 1.5-2.2 kW |
| Mallas intercambiables | 14, 40, 80 |
| Velocidad | 25-35 RPM |
| Ángulo inclinación | 3-5° |
| Niveles | 2-3 mallas simultáneas |
| Longitud | 2500-3500 mm |
| Diámetro/Ancho | 800-1000 mm |

Tabla 7. Datos técnicos del tamiz rotatorio

3.5.2.1.8. Tambor Recubridor

En la tabla 8 se observan los datos técnicos del tambor recubridor para la línea de producción de balanceado de camarón a diseñar.

| Parámetro técnico | Especificación / valor | Descripción |
|-------------------|------------------------|-------------|
|-------------------|------------------------|-------------|

| | | |
|-------------------------------|---|--|
| Diámetros disponibles | 30" a 72" (0.76 a 1.83 m) | Rango de diámetros del tambor rotatorio |
| Longitudes disponibles | 36" a 180" (0.91 a 4.57 m) | Rango de longitudes del cilindro |
| Materiales de construcción | Acero inoxidable 304 (estándar), 316, otras aleaciones | Opciones de materiales sanitarios |
| Sistema de aplicación líquida | Atomizador "sin aire" MS-I con pulverización por gravedad | Para aceites y lodos, sin aire comprimido |
| Sistema de aplicación en seco | Dispensador Uni-Spense con eje de mezcla de desplazamiento positivo | Para polvos y gránulos secos |
| Diseños sanitarios | Doble pared, pared simple ultra sanitaria, canal abierto, completamente cerrado | Opciones para diferentes niveles de limpieza |
| Capacidad de recubrimiento | Configurable para 1 etapa, 2 etapas o múltiples zonas | Flexibilidad en el proceso de recubrimiento |
| Tipo de aletas internas | Soft Flight - diseño específico por producto | Minimizan roturas y maximizan recubrimiento |
| Opciones de alimentación | Cinta de pesaje sanitaria o base vibratoria | Sistemas de entrada del producto |
| Aplicaciones principales | Snacks, galletas, frutos secos, alimento para mascotas | Productos alimenticios compatibles |

Tabla 8. Datos técnicos del tambor recubridor

3.5.2.1.9. Clasificadora De Camarón

En la tabla 9 se pueden observar los datos técnicos y descripción de la clasificadora de camarón que se va a adaptar a la línea de producción de alimento balanceado de camarón para una capacidad de 500 kg/h

| Parámetro | Especificación |
|--------------------------------|---------------------------|
| Capacidad de producción | 2000 lb/h son 900 kg/h |
| Números de tallas clasificadas | 5(4 tallas +1 sobretalla) |

| | |
|-------------------------------|--|
| Sistemas de clasificación | Rodillos clasificadores y auxiliares con regulación mecánica de apertura |
| Tolerancia de calibración | $\pm 0.1 \text{ mm}$ |
| Caja de engranajes | Totalmente sellada. Lubricación por centrifugación |
| Tanques de aceite | Aislados para evitar contaminación con agua |
| Material de construcción | Acero inoxidable 304 o 316 |
| Tanque de recepción | Pequeño, de acero inoxidable, abatible para limpieza |
| Elevador transportador | Banda de polietileno natural, curva |
| Transportadores transversales | 4 fijos con dispositivos de empaque directo |
| Tanque de lavado | Capacidad 800 litros. Acero inoxidable |
| Sistema hidráulico | Recirculación de agua con filtrado |
| Mecanismo con paletas | Regulable para control de volumen de camarón |
| Incluye inspección | Banda de inspección integrada en tanque de lavado |

Tabla 9. Datos técnicos y descriptivos de la clasificadora de camarón

3.5.2.2. Normativas De Producción Acuicola

3.5.2.2.1. Marco Normativo Aplicable

Para la investigación de la línea de producción alimento para balanceado de camarón debe tener un marco normativo específico que esté vinculado a la acuicultura y garantice el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales si hay exportación. En la tabla 10 se observan las especificaciones del marco normativo aplicable.

| Normativa | Organismo Emisor | Artículo | Aplicación en el diseño de la línea |
|--------------------|--|---|--|
| NTE INEN 1767 | Organismo ecuatoriano de normalización | Requisitos para alimento balanceado para camarón | Especificaciones granulométricas por etapa de desarrollo |
| NTE INEN 2569:2015 | Instituto ecuatoriano de normalización | Prácticas de manufactura para balanceado de camarón | Diseño de equipos de layout |

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---|
| FAO/WHO Codex Alimentarius | FAO/OMS | Código de prácticas para alimentos acuícolas | Control de puntos críticos en clasificación |
| ISO/TS 22000-3:2011 | International organization for Standardization | Requisitos para la prefabricación de alimentos para animales | Sistema de gestión de inocuidad |
| Reglamento (EC) No 183/2005 | Unión Europea | Requisitos para Higiene | Control de calidad |

Tabla 10. Marco normativo para alimento balanceado de camarón y operación

3.5.2.2.2. Criterios Técnicos En La Producción De Alimento Balanceado De Camarón

En la tabla 11 se observan los requisitos físicos que debe tener el alimento balanceado de camarón

| Requisito | Mínimo | Máximo | Método de ensayo |
|-----------------------|--------|--------|------------------|
| Finos (%) | - | 1 | NTE INEN 1768 |
| Hidro estabilidad (%) | - | 20 | NTE INEN 1769 |

Tabla 11. Requisitos físicos del balanceado de camarón

En la tabla 12 se observan los demás requisitos que debe tener la producción del alimento balanceado de camarón

| Requisitos | Iniciadores | | Crecimiento | | Engorde | | Método de ensayo |
|--------------------|----------------------------|-----|-------------|-----|---------|-----|---------------------|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| Humedad (%) | - | 12 | - | 12 | - | 12 | NTE INEN ISO-6496 |
| Proteína Cruda (%) | 30 | - | 25 | - | 20 | - | NTE INEN ISO-5983-1 |
| Grasa Cruda (%) | 6 | - | 5 | - | 4 | - | NTE INEN ISO-6492 |
| Fibra Cruda (%) | - | 6 | - | 6 | - | 6 | NTE INEN ISO-6865 |
| Cenizas (%) | - | 17 | - | 17 | - | 17 | NTE ISO-5984 |
| Índice de Peróxido | <10 meq O ₂ /kg | | | | | | NTE INEN |

| | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|-----|---------------|-----|----------------|-----|---------------------------|
| | | | | | | | ISO-3960 |
| Fosforo (%) | 0.8 | 1.5 | 0.7 | 1.5 | 0.6 | 1.5 | NTE INEN ISO-6491 |
| Calcio (%) | =2 x P (máx) ^a | | =2 x P(máx) a | | =2 x P (máx) a | | NTE INEN ISO-6490-1 |

Tabla 12. Requisitos físicos y químicos del balanceado de camarón

En la tabla 13 se observan los requisitos microbiológicos del alimento balanceado de camarón

| REQUISITOS | No Caso | n | c | m | M | Método de ensayo |
|----------------------------------|---------|---|---|-----------------|-----------------|------------------|
| Salmonella UFC/g ^a | 10 | 5 | 0 | 0 | - | INEN ISO-6579 |
| Enterobacteriaceae UFC7g | 2 | 5 | 2 | 10 ² | 10 ³ | ISO 21528-2 |

Tabla 13. Requisitos microbiológicos

3.5.2.2.3. Plan De Puntos Críticos De Control

En la tabla 14 se observan los principios de HACPP para la clasificación en la línea de producción

| PCC | Peligro | Límite Crítico | Monitorización | Acción correctiva |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|
| PCC1: recepción de materia | Contaminación microbiológica | Humedad <12% | Análisis cada lote | Rechazar lote |
| PCC2: clasificación Granulométrica | Tamaño incorrecto | ±15% <i>de tamaño objetivo</i> | Tamizaje cada 30 min | Reclasificar o reprocesar |
| PCC3: Control de temperatura | Desarrollo Microbiano | <25°C en proceso | Sensores continuos | Ajustar enfriamiento |
| PCC4: Almacenamiento producto final | Contaminación cruzada | Humedad <10%, T<20°C | Monitoreo ambiental | Aislar y ventilar área |

Tabla 14. Plan de puntos críticos de control

3.5.2.2.4. Evaluación De Cumplimiento Normativo

Tabla 15 se observa una evaluación normativa de la línea de producción de la planta observada de forma directa, esto con el objetivo de diseñar una nueva línea de producción que cumpla todos los requisitos.

| Requisito Normativo | Criterio de cumplimiento | Evidencia de diseño | Estado |
|------------------------------------|---------------------------|--|-----------------|
| Granulometría específica por etapa | 95% dentro de tolerancia | Configuración de mallas intercambiables | Cumple |
| Materiales sanitarios | 100% acero inoxidable | Especificaciones técnicas de equipos | Cumple |
| Control de temperatura | $\pm 2^{\circ}C$ | Sistemas de enfriamiento con control PID | Cumple |
| Trazabilidad completa | Rastreo 100% lotes | Sistema SCADA | No implementado |
| Capacitación documentada | 100% personal certificado | Plan de capacitación anual | Por implementar |

Tabla 15. Evaluación de cumplimiento normativo

3.5.3. Entrevista Semiestructurada

Se aplicará una entrevista semiestructurada dirigida a todos los operadores y supervisores dentro de la planta, para poder conocer las experiencias sobre fallos recurrentes, tiempos de inactividad y dificultades en la clasificación. La entrevista semiestructurada al estar conformada por preguntas predefinidas tiene la capacidad de explorar con mayor profundidad las respuestas del entrevistado y conocer todas sus perspectivas. A continuación, se adjuntará las preguntas que conforman la entrevista semiestructurada.

1. En su experiencia, ¿Cuál es el fallo mas recurrente que afecta la continuidad de la línea de clasificación, y de que manera lo resuelven temporalmente mientras se realiza el mantenimiento?
2. ¿En qué circunstancias suele presentarse mayor tiempo de inactividad en la línea de producción, y cuales considera usted que son las causas de ese problema?
3. Dado el tiempo que tiene supervisando la producción, ¿Qué tipo de material o características del balanceado presenta mayor dificultad para ser clasificados correctamente, y de que forma afecta a la eficiencia y la calidad final del producto?

3.5.4. Encuesta Estructurada

Se aplicará una encuesta estructurada dirigida al personal de producción y calidad, con el fin de medir percepción sobre eficiencia, tiempos de espera y calidad del producto final. La encuesta estructurada nos ayuda a recopilar los datos estadísticos cuantitativos, estandarizados y medibles de forma rápida y segura, lo que facilita el análisis comparativo y la toma de decisiones basadas en hechos.

A continuación, se adjuntará las preguntas que conforman a la encuesta estructurada.

1. En una escala del 1 al 5 ¿Cómo se calificaría la eficiencia general de la línea de clasificación durante el último mes?
 - 1) Muy ineficiente
 - 2) Ineficiente
 - 3) Aceptable
 - 4) Eficiente
 - 5) Muy eficiente
2. ¿Con que frecuencia experimenta tiempos de espera o paradas no planificadas en la línea?
 - a) Diariamente
 - b) 2-3 veces por semana
 - c) 1 vez por semana
 - d) Ocasionalmente
 - e) Casi nunca
3. En una escala 1 al 5 ¿En que medida considera que los fallos mecánicos o eléctricos afectan los tiempos de espera en la línea?
 - 1) No afectan en lo absoluto
 - 2) Afectan poco
 - 3) Afectan moderadamente
 - 4) Afectan significativamente
 - 5) Son la causa principal de las paradas
4. ¿Cómo calificaría la calidad del producto final después del proceso de clasificación?
 - a) Muy deficiente
 - b) Deficiente
 - c) Aceptable
 - d) Buena
 - e) Excelente
5. En una escala del 1 al 5 ¿En qué medida se considera que la dosificación inicial del material afecta la calidad final del producto clasificado?
 - 1) No afecta en lo absoluto
 - 2) Afecta muy poco
 - 3) Afecta de manera moderada
 - 4) Afecta considerablemente
 - 5) En el factor más crítico

3.5.5. Simulación Computacional

Se utilizará el software Flexsim para simular el diseño de la nueva línea de producción de alimentos balanceado de camarón. Flexsim ayuda a crear línea de producción, que permiten observar procesos y estadísticas a partir de configuraciones dentro de la plataforma. En este caso, el Flexsim representa una solución para observar la adaptación de componentes a la línea de producción. Además de representar gráficamente cada etapa del proceso, este programa permite simular de manera precisa el recorrido del producto, desde la llegada de la materia prima hasta la obtención del producto final. Con esta línea de producción, Flexsim permite el reconocimiento de flujos críticos, cuellos de botella o áreas de mejora. Flexsim se convierte así en una herramienta que facilita la planificación, el diseño, la evaluación de eficiencia y la validación del diseño antes de realizar su integración física.

3.5.6. Procedimiento Para La Obtención De Los Resultados

1. Informe técnico: Diagnóstico del sistema de clasificación.
2. Apertura de cuellos de botella: Análisis de ciclos, carga de trabajo y retención en jarros, para comprender y detectar procesos que no añaden valor.
3. Elaboración de la propuesta: Rediseño del diseño de la producción y la incorporación de sistemas automatizados de alimentación, y dispositivos electrónicos de control de niveles, y de distribución de los equipos.
4. Validación: A través de un Software de simulación, comparando los flujos de la operación del sistema actual versus el sistema propuesto.
5. Análisis y evaluación de los impactos económicos: predicción de la relación costo-beneficio incorporando el costo de los equipos, el ahorro por la disminución de los reprocesos y el incremento de la productividad.
6. Informes de conclusiones y resultados. Elaboración de un informe técnico con la eficiencia, retorno de la inversión y la factibilidad de la operación.

3.5.7. Análisis De La Información

Datos cuantitativos: Se clasificarán en tablas y gráficos y se medirán en función de la producción por hora (capacidad en kg/h), eficiencia de clasificación y reducción de tiempos muertos. Datos cualitativos: Se organizarán en matrices y se describirán en función de la clasificación de percepciones de la administración sobre la causa de fallas y la mejora de la problemática.

KPI:

Clasificación (kg/h).

Porcentaje de gránulos fuera de especificación.

Tiempos muertos por acumulación de materiales.

Costo por tonelada producida antes y después del rediseño.

Validación final: Se llevará a la práctica la comparación del sistema actual y el sistema propuesto. Se medirá si se cumple la meta de 500 kg/h de clasificación efectiva y se logrará mayor homogeneidad del producto.

4. CAPÍTULO RESULTADOS

4.1. Observación Directa Y Registro De Datos De La Línea Actual De La Planta De Alimento Balanceado Para Camarón

Primero se hizo un análisis sobre el proceso actual de clasificación, capacidad instalada, horas efectivas de operación, etc.

Rendimientos decadentes y cuello de botella pronunciado

El alimentador comienza con un 91% de eficiencia. Luego, se desciende a un 63% en el clasificador de tamaño, y se estabiliza entre un 62% y 66% hasta el final.

Esto indica que el clasificador por tamaño, con 63% y 190 kg/h de rendimiento real, es el principal cuello de botella de la línea. Esto limita toda la línea a un máximo de 190 kg/h, independientemente de que el equipo de la última etapa tenga una capacidad teórica mayor.

Problemas Críticos Con La Granulometría

Pérdida de producto por otras razones:

Prelimpiadora: Por fallas de malla se queda el 20% de la materia prima buena (<2.5 mm) y se pierde todo lo que se queda atascado.

Clasificador por Tamaño: De ese 55% de material, solo se tiene el 100% de la desviación. Es decir, el material se clasifica en el rango objetivo (1,5-2,0 mm), y el resto (45%) es desviación. La desviación es alta (± 0.7 mm).

Tamiz de Control Final: 30% de las cajas que se rellenan y se cierran (producto) no cumple granulometría. Es decir que una caja de 3 se tiene que rellenar 0.7 con producto que no es de calidad y que tiene que ser reprocesado.

Deficiencias En Mantenimiento Y Calibración

Prelimpiadora: La malla está dañada.

Clasificador por Tamaño: Motor defectuoso que causa acumulación.

Separador Óptico: Sensores sucios, calibrados.

Mesa de Gravedad: Flujo constante de aire.

Tamiz Final: Las pantallas están saturadas.

Invasado: La balanza está desequilibrada (afectando la dosificación y los costos).

Inconsistencias De Capacidades Teóricas

La discrepancia en las capacidades teóricas de los equipos es notable. Por ejemplo, se encuentran de 220 kg/h en el Tamiz Final a 400 kg/h en el Transporte. Esto, por un lado, evidencia un desequilibrio en el flujo armónico, y por el otro, evidencia que la línea no fue diseñada o ajustada para un rendimiento integrado.

Análisis Del Proceso Actual De Clasificación

El proceso es un sistema de clasificación por tamaño y pureza en cascada, pero este no está operando de forma eficiente y tiene problemas con la calidad del producto final.

Flujo De Material

Alimentador -- Prelimpiador elimina grandes impurezas y, por error, buen material fino --
 Etapa de Clasificación de Tamaño Principal de separación por tamaño, pero con alta
 ineficiencia -- Separador Óptico elimina defectos por color, forma, pero fuera de calibración -
 - Tabla de Gravedad separa por densidad -- Tamiz de Control Final revisión final de tamaño,
 pero saturado -- Transporte -- Embalaje.

La Etapa Crítica De Clasificación Por Tamaño

El clasificador no está funcionando. Debido a fallas en su motor, y quizás en su diseño o ajuste, envía una mezcla de tamaños de 0,8 a 3,0 mm a etapas posteriores. Lo cual sobrecarga y hace inútil el Separador Óptico, la Mesa, la Pantalla Final, que están diseñados para refinar, no para hacer la clasificación principal.

Capacidad instalada en la línea de clasificación es de solo 300 kg/h es muy bajo para su operación.

Capacidad Instalada Y Métricas Clave

Producción Real Efectiva del Sistema: Esto se determina por el nivel más bajo de rendimiento real en la cadena. En este caso, el Clasificador produce 190 kg/h, y este es el flujo máximo que el resto de la línea puede manejar en su estado actual. Por lo tanto, la producción real del sistema es de aproximadamente 140-150 kg/h, la salida del Tamiz Final, la última etapa de procesamiento.

Rendimiento Aproximado General: $\text{Producción Real} / \text{Capacidad Instalada} = 150 \text{ kg/h} / 300 \text{ kg/h} = 50\%$. Solo se está utilizando la mitad de la capacidad de la planta.

Horas Efectivas de Operación: Esto no se proporciona en la tabla y se refiere a los tiempos que la línea realmente trabaja en un turno o día, excluyendo paradas por mantenimiento,

fallas, limpieza, etc. Este es un dato operativo que debe provenir de los registros de producción.

Granulometría Obtenida (Producto Final):

Objetivo: 1,5 - 2,0 mm.

Real: Según el Tamiz de Control Final, el 70% del producto está dentro del rango de 1.5-2.0 mm y el 30% está fuera de él, con una desviación reportada de ± 0.6 mm. Esto indica que el producto final es una mezcla de tamaños aproximadamente entre 0,9 mm y 2,6 mm, con solo el 70% en el rango deseado

En la tabla 16 se identifican las siguientes fallas de la línea de clasificación actual de la industria Biomar.

| Equipo Proceso | Capacidad teórica (kg/h) | Producción real (kg/h) | Rendimiento horario (%) | Granulometría objetivo (mm) | Granulometría real (mm) | Desviación granulométrica | Consumo energético (kW) | Observaciones |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|--|
| Alimentador vibratorio | 350 | 320 | 91% | - | - | - | 1.5 | Desgaste en resortes, flujo irregular. |
| Prelimpiadora | 330 | 280 | 85% | >2.5 | 20% material <2.5 mm se pierde con impurezas | +20% finos perdidos | 2.2 | Malla dañada no separa eficientemente piedras pequeñas |
| Clasificador por tamaño | 300 | 190 | 63% | 1.5-2.0 | 45% fuera de rango (0.8-3.0 mm) | ± 0.7 mm | 5.5 | Cuello de botella por motor. Acumulación de material |
| Separado | 260 | 160 | 62% | - | - | - | 3.7 | Sensores |

| | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|---------|--|-------------|-----|---|
| r optico | | | | | | | | ruidos y descali brados. Materia l no clasific ado pasa |
| Mes a de grav edad | 240 | 150 | 63% | - | - | - | 2.5 | Flujo de aire inconsi stente |
| Tam iz de cont rol final | 220 | 140 | 64% | 1.5-2.0 | 30% del producto final esta fuera | $\pm 0.6mm$ | 1.8 | Mallas saturad as |
| Siste ma de trans porte | 400 | 320 | 80% | - | - | - | 4.5 | Tornill o con desgast e |
| Env asad o y pesa je final | 350 | 230 | 66% | - | - | - | 1.2 | Bascul a descali brada |

Tabla 16. Datos de operación y análisis de la línea de clasificación actual

4.2. Análisis De La Operación A Través De Las Experiencias De Los Operadores Y

Supervisores-Entrevista

1. En su experiencia, ¿Cuál es el fallo más recurrente que afecta la continuidad de la línea de clasificación, y de qué manera lo resuelven temporalmente mientras se realiza el mantenimiento?

Desde la línea de producción, la máquina clasificadora por tamaño se tensa y se bloquea. Esa máquina es el corazón del proceso y, cuando el motor comienza a fallar o desalinearse, el embudo de entrada se atora. Por el momento, ante la falta de mantenimiento o de la pieza de repuesto, se realiza una desviación parcial de la máquina; el prelimpiador se ajusta manualmente para retener mayor cantidad de material grueso y, a partir de este, se desvía parte del flujo hacia la pantalla manual de reserva disponible, con el fin de realizar una preselección. Esta alternativa no resulta óptima, debido a que una de las pérdidas en el proceso corresponde

a un tamaño de grano fijo; sin embargo, permite que la línea no se detenga por completo, lo que posibilita continuar el procesamiento, aunque a media capacidad y con alta supervisión, generándose además grandes cantidades de material que deben ser reprocesadas posteriormente.

2. ¿En qué circunstancias suele presentarse mayor tiempo de inactividad en la línea de producción, y cuales considera usted que son las causas de ese problema?

Las principales detenciones suelen ocurrir al inicio de cada campaña de compra de nuevos lotes de materia prima, en especial cuando se compra materia prima con altos niveles de humedad o con una granulometría de base muy variable. Los equipos de la planta, en especial el separador óptico y el clasificador, están calibrados para operar con un tipo de material definido. Cuando se recibe lotes de materia prima con características distintas, todo se desajusta, se tapan las mallas, los sensores tienen problemas de lectura, y el flujo de aire en la mesa gravimétrica se descontrola. Esto suele ocurrir cuando no se nos otorgan los tiempos para realizar las pruebas de producción y la recalibración de los equipos con muestras de materia prima, que son anteriores al despeje del lote para producción. Estos son ajustes que requieren parar la planta, reparar, limpiar los sensores y cambiar los parámetros del PLC. Esto se pierde en tiempo, tiempo que se podría evitar con una mejor coordinación de las áreas de logística y compras.

3. Dado el tiempo que tiene supervisando la producción, ¿Qué tipo de material o características del balanceado presenta mayor dificultad para ser clasificados correctamente, y de qué forma afecta a la eficiencia y la calidad final del producto?

Los tipos de materiales que generan mayor impacto en el proceso corresponden al balanceado que presenta excesiva finura o presencia de polvo, así como cáscaras o partidas de igual tamaño pero diferente peso. El polvo satura las mallas de la máquina, especialmente las del tamiz final; posteriormente, los sensores ópticos se ensucian y rechazan producto conforme. Este tipo de partidas induce errores en la mesa de gravedad y en el clasificador por aire. Esta situación reduce la eficiencia del proceso, ya que se requiere disminuir la velocidad de la línea para que los equipos puedan rechazar el material no conforme, lo que ocasiona que, en algunos casos, material defectuoso ingrese al producto final o que material conforme sea desviado a la línea de descarte. A largo plazo, esta condición afecta la calidad del producto, dado que el cliente recibe un producto con granulometría inadecuada y con impurezas que debieron ser eliminadas durante el proceso.

En la figura 16 se puede observar la percepción de los operadores y supervisores de la planta sobre las fallas que se dan en la línea de clasificación actual, y esto es evaluado numéricamente yendo desde el 1 siendo el menos eficiente al 5 (más eficiente).

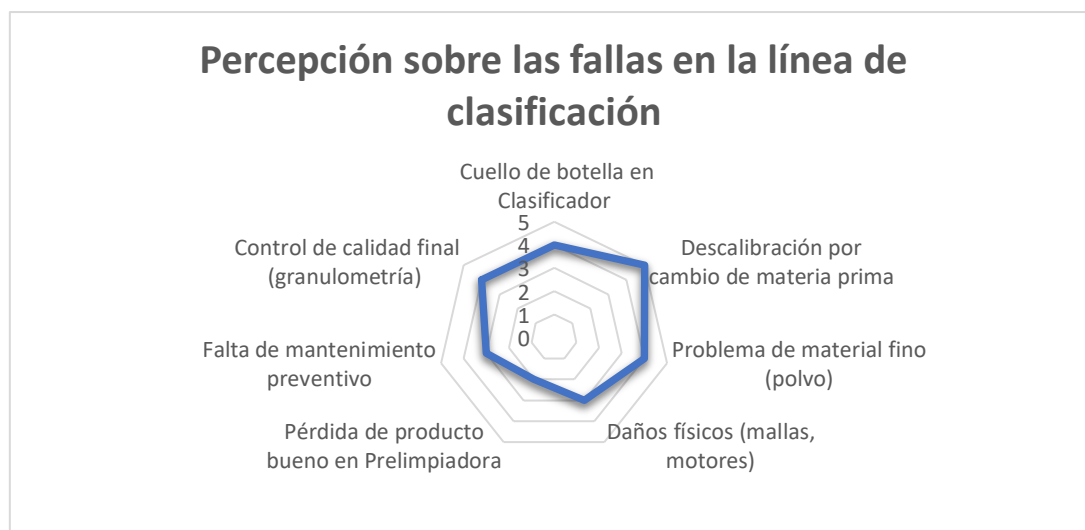


Figura 16. Evaluación de percepciones sobre las fallas comunes

4.3. Evaluación Sobre La Eficiencia, Tiempos De Inactividad Y Dificultades En La Línea De Clasificación-Encuesta

Se analizarán los resultados de la encuesta mediante diagramas de barras o pastel con el fin de evaluar las fallas que se dan en la planta operativa.

1. En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría la eficiencia general de la línea de clasificación durante el último mes?

En la tabla 17 se observa que los trabajadores consideran que la eficiencia es ineficiente, es decir, la línea necesita una intervención en la operación.

| Ítem | Categorías | Frecuencias | Porcentajes |
|------|-----------------|-------------|-------------|
| 1 | 1 | | |
| | Muy ineficiente | 5 | 20.83% |
| | 2 | | |
| | Ineficiente | 9 | 37.5% |
| | 3 | | |
| | Neutral | 6 | 25% |
| | 4 | | |
| | Eficiente | 2 | 8.3% |
| | 5 | | |
| | Muy eficiente | 2 | 8.3% |

| | | |
|-------|----|------|
| Total | 24 | 100% |
|-------|----|------|

Tabla 17. Eficiencia general de la línea de clasificación

En la figura 17 se observan los datos de la tabla 17 sobre la opinión de los trabajadores en la eficiencia de clasificación.

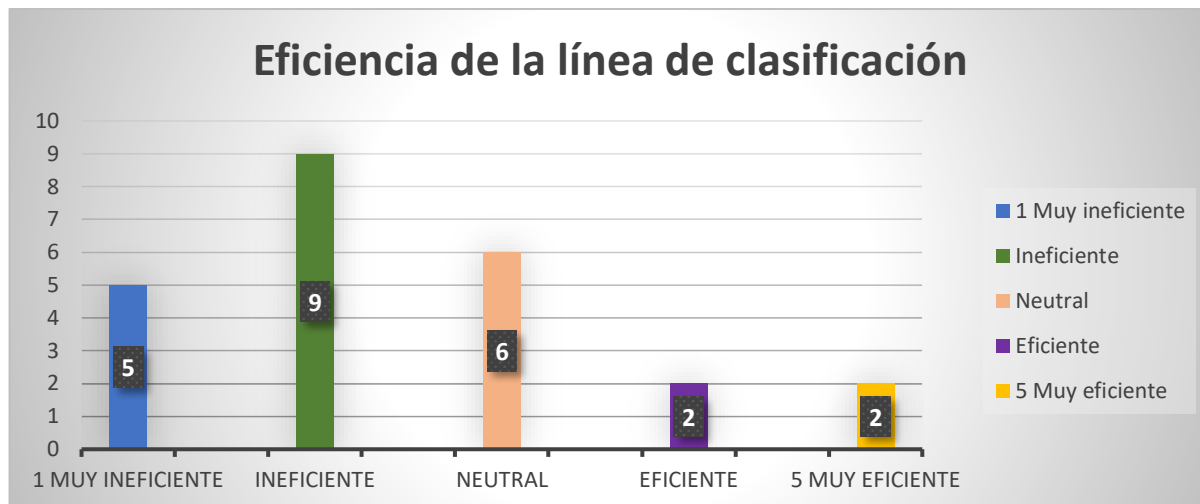


Figura 17. Eficiencia de la línea de clasificación

2. ¿Con qué frecuencia experimenta tiempos de espera o paradas no planificadas en la línea?

En la tabla 18 se observan los datos recolectados de la encuesta que figuran sobre los tiempos de espera dentro de la línea de clasificación, es decir, las paradas no planificadas ocurren diariamente o hasta 2-3 veces por semana lo que dificulta tener una buena producción.

| Ítem | Categorías | Frecuencias | Porcentajes |
|------|----------------------|-------------|-------------|
| 2 | Diariamente | 7 | 29.2 |
| | 2-3 veces por semana | 7 | 29.2 |
| | 1 vez por semana | 3 | 12.5% |
| | Ocasionalmente | 5 | 20.8% |
| | Casi nunca | 2 | 8.3% |
| | Total | 24 | 100% |

Tabla 18. Tiempos de espera o paradas no planificadas

En la figura 18 se representan los datos de la tabla 18 para una mejor observación y análisis.



Figura 18. *Tiempos de espera o paradas no planificadas en la línea de clasificación*

3. En una escala del 1 al 5, ¿en qué medida considera que los fallos mecánicos o eléctricos afectan los tiempos de espera en la línea?

En la tabla 19 se observan los datos de la encuesta sobre los fallos mecánicos o eléctricos. Según la opinión de los encuestados, afectan mucho a los tiempos de espera de la línea y la producción operativa, lo que indica que hay que tomar medidas drásticas para mejorar su eficiencia y riesgo de fallas.

| Ítem | Categorías | Frecuencias | Porcentajes |
|------|---------------------------|-------------|-------------|
| 3 | 1 | | |
| | No afectan en lo absoluto | 1 | 4.2% |
| | 2 | 2 | 8.3% |
| | 3 | 6 | 25% |
| | 4 | 8 | 33.3% |
| | 5 | 7 | 29.2% |

| | | |
|-----------------------------------|----|------|
| Son la causa principal de paradas | | |
| Total | 24 | 100% |

Tabla 19. Fallos mecánicos o eléctricos

En la figura 19 se plasman los datos de la tabla 19 para una mejor observación y análisis de los resultados sobre los fallos mecánicos o eléctricos que pueden afectar a los tiempos de espera de clasificación.

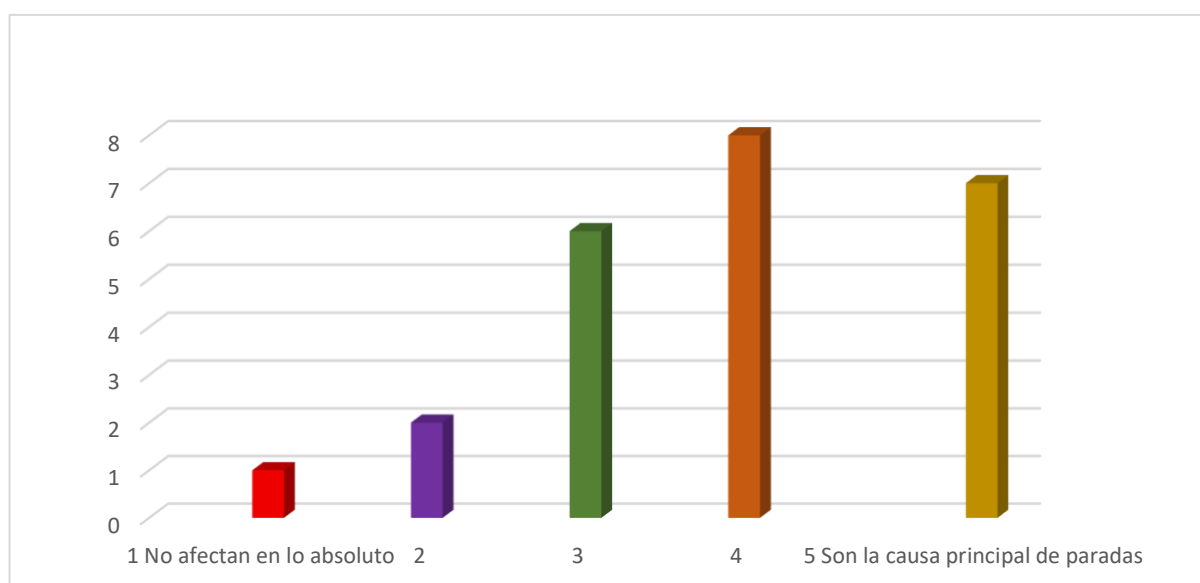


Figura 19. Fallos mecánicos o eléctricos que afectan los tiempos de operación en la línea de clasificación

4. ¿Cómo calificaría la calidad del producto final después del proceso de clasificación?

En la tabla 20 se plasman los datos de la encuesta para una mejor observación y análisis mediante la comparación con diagramas estadísticos. Los operadores y supervisores consideran que hay fallos mecánicos y eléctricos que terminan afectando a los tiempos de operación en la línea de producción en la parte de clasificación.

| Ítem | Categorías | Frecuencias | Porcentajes |
|------|------------|-------------|-------------|
|------|------------|-------------|-------------|

4

| | | |
|----------------|----|-------|
| Muy deficiente | 5 | 20.8% |
| Deficiente | 10 | 41.7% |
| Aceptable | 6 | 25% |
| Buena | 2 | 8.3% |
| Excelente | 1 | 4.2% |
| Total | 24 | 100% |

Tabla 20. Calidad del producto final

En la figura 20 se plasman los datos de la tabla 20 para visualizar de manera estadística y grafica las percepciones de los operadores de la línea de producción.

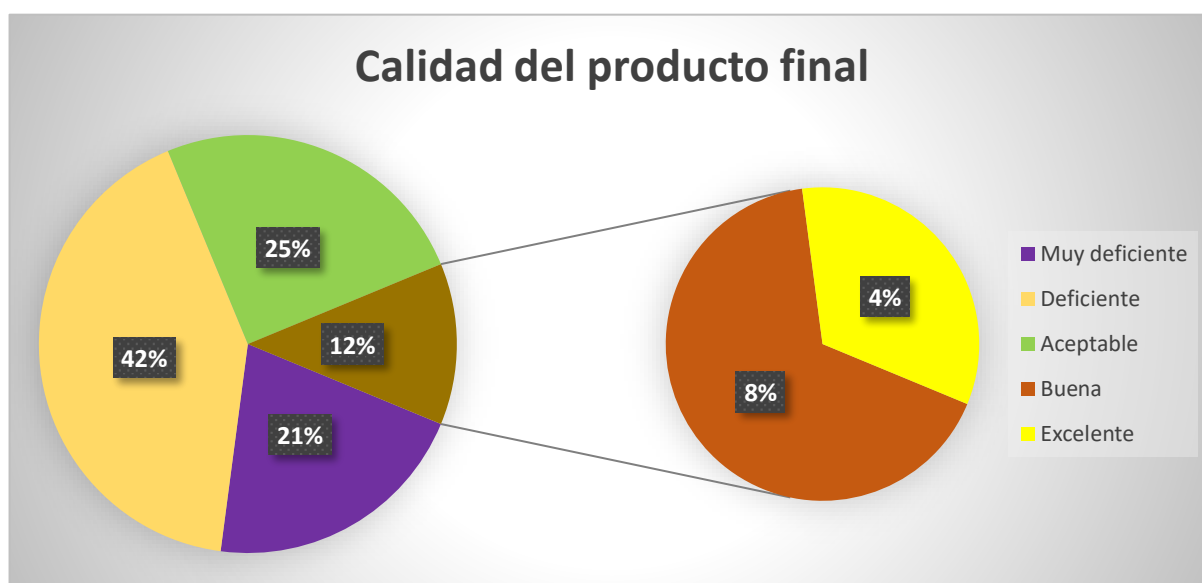


Figura 20. Calidad del producto final

5. En una escala del 1 al 5, ¿en qué medida considera que la dosificación inicial del material afecta la calidad final del producto clasificado?

En la tabla 21 se observan los datos que buscan medir cuanto influye la cantidad inicial de material procesado (dosificación) en la calidad obtenida del producto final. Mediante la tabla se hará un gráfico que permitirá ver la correlación entre estas dos variables.

| Ítem | Categorías | Frecuencias | Porcentajes |
|------|----------------------------|-------------|-------------|
| 5 | | | |
| | 1 no afecta en absoluto | 2 | 8.3% |
| | 2 | 2 | 8.3% |
| | 3 | 8 | 33.3% |
| | 4 | 5 | 20.8% |
| | 5 es el factor más crítico | 7 | 29.2% |
| | Total | 24 | 100% |

Tabla 21. Dosificación y calidad final

En la figura 21 se observa la correlación de estas dos variables, es decir, la variable dosificación con respecto a la calidad final del producto alimento balanceado de camarón, esto mediante las percepciones de los operadores y supervisores de la línea de producción.

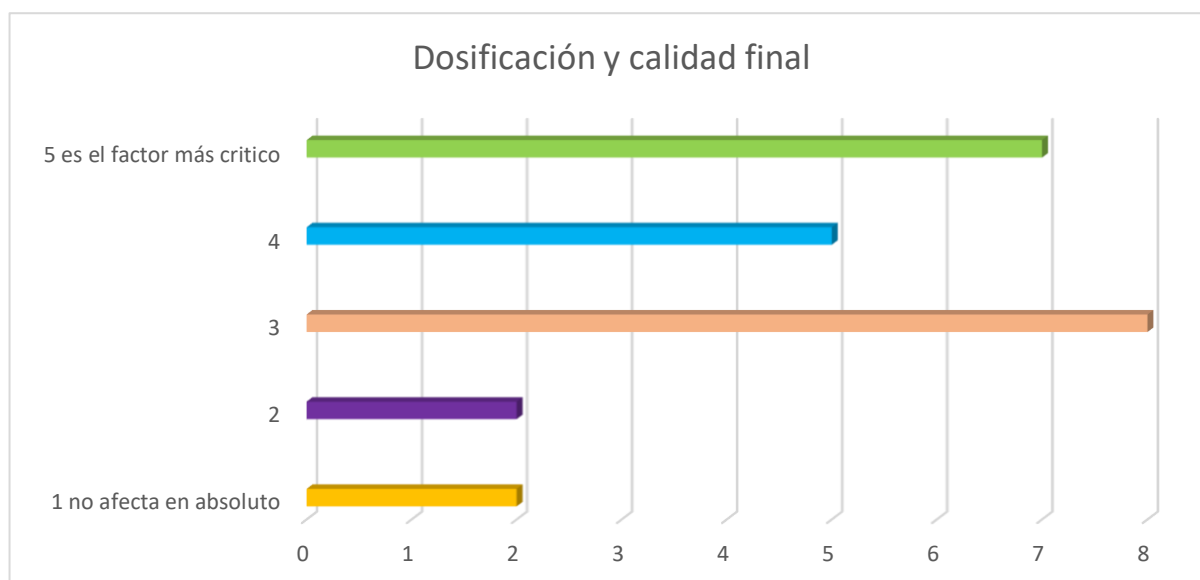


Figura 21. Dosificación y calidad final

Análisis De La Encuesta

Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede concluir que la línea de producción específicamente la clasificación del alimento balanceado de camarón, tiene deficiencias que,

aunque quieran corregir en el instante con mantenimiento no pueden arreglar a largo plazo. Los operadores y supervisores están de acuerdo en que se necesita un rediseño de la línea de producción para que se puedan obtener mejores resultados en el producto, en sí, en su calidad final.

4.4. Identificación Cuellos De Botella De La Línea De Producción Actual

Cuello de botella crítico: Clasificador de tamaño. Con una eficiencia del 63% y una alta desviación estándar $\pm 0,7$ mm, es el primer estrangulamiento severo. Su capacidad real de 190 kg/h frente a la del prelimpiador de 280 kg/h provoca un bloqueo en el embudo ascendente y una subutilización del equipo a valle.

Cascada de ineficiencias: Las siguientes unidades, Separador Óptico, Mesa, Tamiz, tienen eficiencias similares o peores del 62%-64%, perpetuando el cuello de botella. Esto provoca una carga de trabajo desigual y largos tiempos de ciclo total por lote, ya que el sistema solo puede avanzar a la velocidad del eslabón más lento.

Los problemas de calidad agravan aún más la situación. La alta desviación del tamaño de grano del clasificador y el tamiz final, un 30% fuera de especificaciones, indica que parte del material procesado es rechazado o reprocesado, aumentando la carga de trabajo efectiva y el rendimiento y empeorando aún más la situación.

En la figura 22 se puede observar la línea de producción actual de la planta biomar en donde se figuran cuellos de botella en dosificación y pesaje y por consiguiente en tamizado o clasificación que es lo principal, ya que, se realizara un diseño de línea de clasificación para este apartado y solucionar problemas de eficiencia y calidad del producto final.

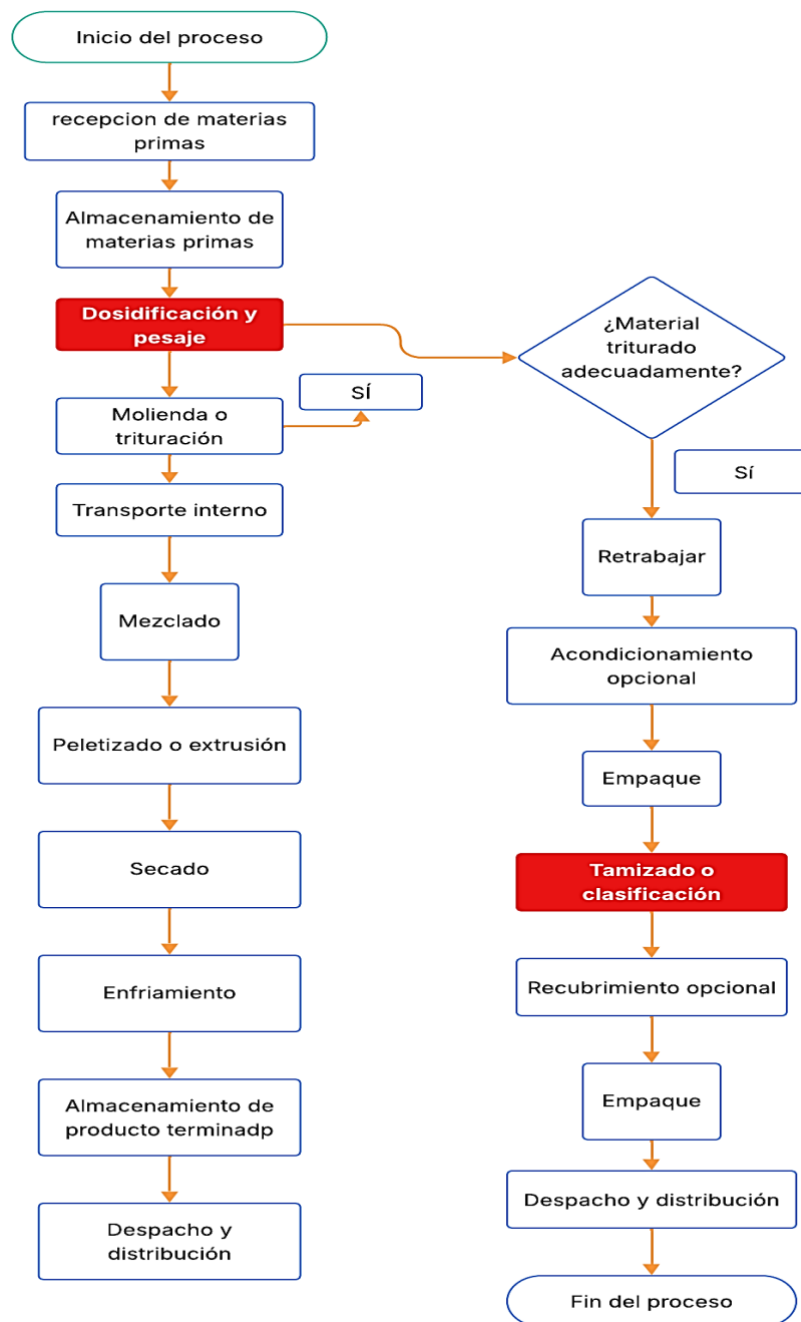


Figura 22. Identificación de cuellos de botella de la línea actual mediante diagrama de flujo

4.5. Diseño De La Propuesta Técnica: Línea De Clasificación

En la figura 23 se observa el nuevo diseño de la línea de producción implementando nuevas automatizaciones para mejorar la eficiencia y tiempos de producción de la clasificación del alimento balanceado de camarón. Se implementaron componentes opcionales como sensores de nivel con el fin de evitar sobrecargas en las tolvas y válvulas desviadoras. Y como esenciales tamices Tyler, tolvas de recepción y la clasificadora con sus equipos auxiliares.

Diagrama de flujo
Aleli Cecibel Aragundi Robayo | February 1, 2026

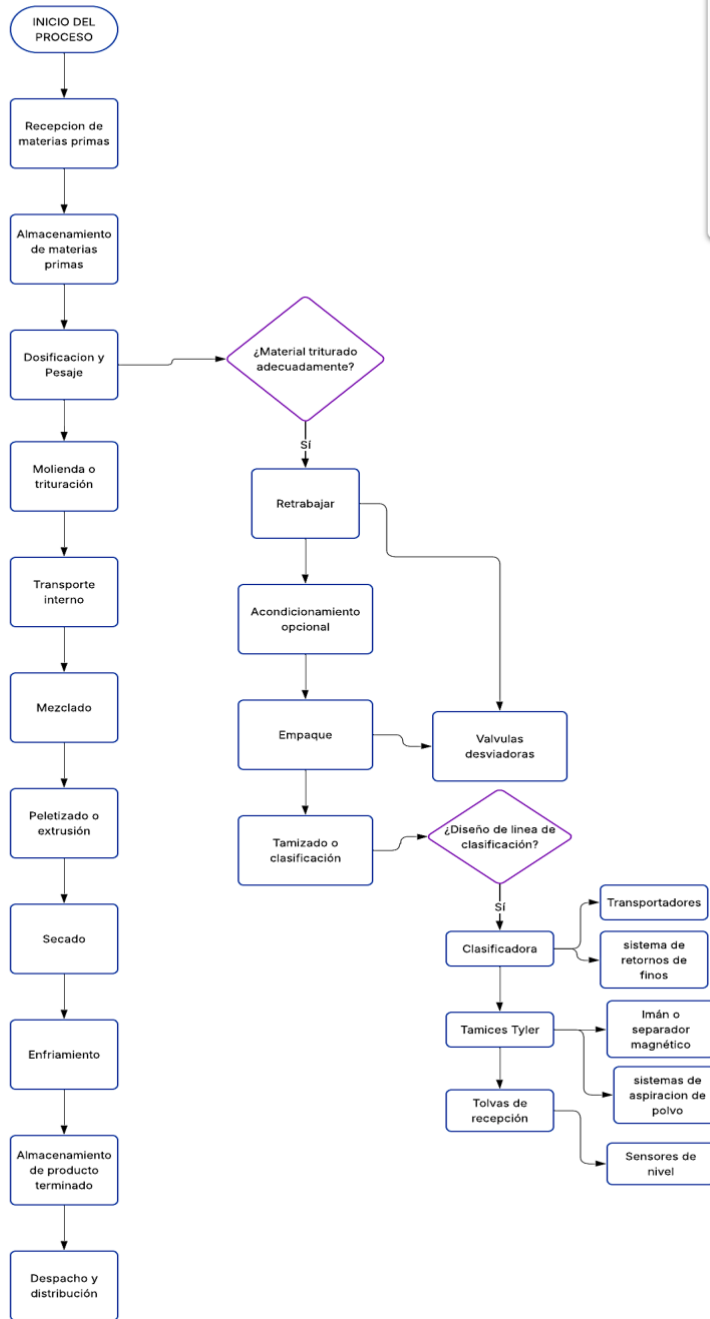


Figura 23. Rediseño de la línea de clasificación para alimento balanceado de camarón

4.6. Simulación Y Validación De La Propuesta Técnica

En la figura 24 se observa la simulación optimizada el diseño técnico de una línea de clasificación para alimentos de camarones. Comienza en la Tolva de Alimentación, después pasa al Operador 1. Este clasificador separa el material en un 50% Producto Conforme, 10% Finos que son desechos, y 5% Sobredimensionados. El producto se va de una vez a la salida de calidad, los finos a una Salida Específica, y los sobredimensionados al combinador de reprocesamiento con el Operador 3. Cuando se determina el Producto Conforme, el Operador 2 descarga. Este flujo promete la máxima recuperación de producto de calidad y la reintegración óptima de material sobredimensionado a la línea.

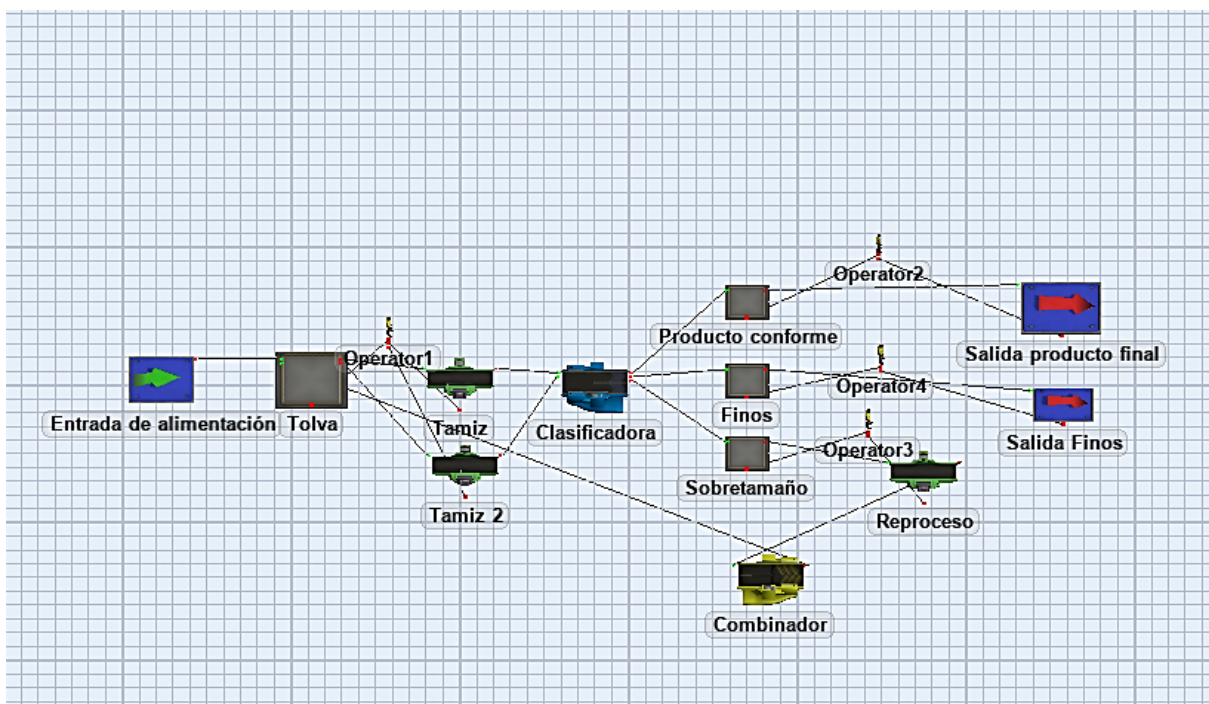


Figura 24. Simulación en Flexsim de la nueva línea de clasificación

A comparación de la línea actual que tenía biomar, el nuevo diseño promete tener una mejor distribución del producto para obtener y priorizar la calidad y los tiempos de operación junto con la eficiencia. La línea actual tenía un cuello de botella en la parte de la clasificadora y el tamiz, por esa razón, se realizó un nuevo diseño para eliminar ese problema y poder tener una mejor proporción de productividad.

En la figura 25 se observa la línea actual de biomar puesta en marcha dentro del software flexsim para observar cómo se desarrolla el cuello de botella en la clasificadora.

En la figura 25, la máquina clasificadora se presenta como un cuello de botella, debido a que la limitación de selección y su eficiencia, determinan el rendimiento del sistema. De este modo, solo el 65% del material procesado se convierte en producto final; el 25% se pierde como finos de material no aprovechable y en la granulometría deseada, el 10% en sobrantes de sobre tamaño. Esto indica que se está perdiendo el 35% del flujo. Esto sugiere que no se está diseñado en esta etapa para maximizar el producto útil o para minimizar los desechos. Esto indica que se deben hacer cambios en la clasificación, en la configuración, el mantenimiento o en los criterios de la clasificadora, para equilibrar el proceso e incrementar la eficiencia.

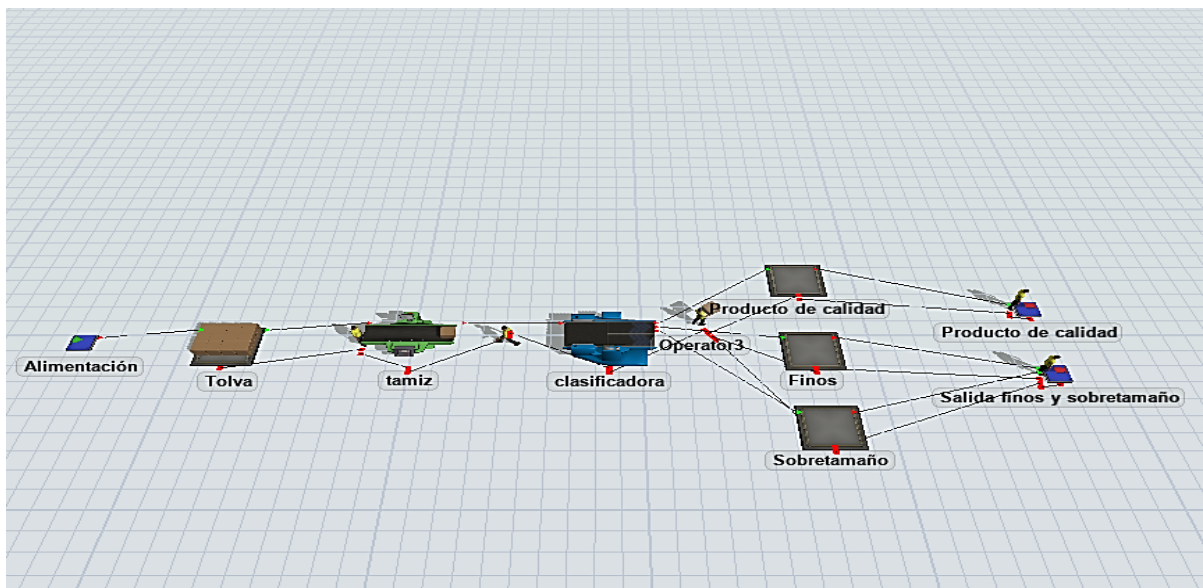


Figura 25. Línea actual de producción en Biomar

La línea actual de biomar no da una producción eficiente, porque la clasificadora genera como producto final de calidad un 65% mientras que, en desechos como los finos, y el sobre tamaño que debería ir de nuevo a reprocesarse para salir como producto de calidad se desecha de igual forma, perdiendo alrededor de 35% de producción en ganancias para la industria alimentaria del balanceado de camarón. Por esa razón, se diseñó una línea de clasificación que ayudara a optimizar el proceso y tener al menos un 85% de producto final reduciendo las pérdidas como finos y el sobre tamaño directo a un reproceso.

4.7. Evaluación Técnica Y Económica

La inversión en una línea de clasificación optimizada busca maximizar el rendimiento del producto con un 85% de calidad, minimizar el desperdicio en un 10% con reintroducción eficiente de finos y sobre tamaño con un 5% al proceso. Con una capacidad de 900 kg/h, pero de 300 se aumentó a 500 kg/h, la clasificadora BALZO es el centro de este sistema, ofreciendo ajustes de $\pm 0,1$ mm con gran precisión. Su complemento con equipos auxiliares como tolvas, tamices y transportadores con sistema de control, otorga integración al sistema, automatización y reducción de mano de obra, logrando así una optimización de costos.

- La reducción de la merma y del reproceso: El óptimo reproceso y la reducción de la merma son resultado del sistema de clasificación y de retorno de finos y sobre tamaño, lo cual minimiza la degradación del producto y la pérdida de materia prima.
- Aumento de la Productividad: La automatización del flujo de tolvas con sensores, transportadores y válvulas desviadoras, incrementa la capacidad de procesamiento de forma continua y reduce los tiempos muertos, así como la dependencia del operario.
- Consistencia y Calidad del Producto: La estandarización de los procesos permite contar con un producto con calidad homogénea, superior al 85%, y que cumple con las especificaciones, lo que mejora la valoración del producto en el mercado.
- Seguridad e Inocuidad: La utilización de un separador magnético junto con un sistema de aspiración de polvo, favorecen la contaminación del producto con cuerpos extraños y la pulverización, mejorando las condiciones del trabajo.

En la tabla 22 se observan los costos estimados de cada equipo valorados en el mercado en Ecuador y también sus descripciones técnicas.

| Equipo | Descripción Técnica | Costo estimado en el mercado | Nota respecto al equipo |
|-------------------------|---|------------------------------|---|
| Clasificadora principal | BALZO con una capacidad de 900 kg/h. esta máquina incluye rodillos, lavado, cinta de inspección, etc. | \$55.000 | Este precio es un costo base, incluye características como cajas de engranajes selladas, etc. |
| Tamices Tyler | Tamices vibratorios para clasificación | \$12.000 | Esto es solo para la clasificación del |

| | | | |
|----------------------|--|----------|---|
| | previa, el tamaño de malla depende según su especificación | | alimento balanceado de camarón, no para el camarón en sí. |
| Tolva de recepción | Tolva AEV 307. Capacidad: 30 hl Dim: 4250 x 2030 mm, Altura carga: 1980 mm. Acero inoxidable. | \$6.500 | Este costo varia por el espesor del acero inoxidable |
| Sensores de nivel | Par de sensores que pueden ayudar a la tolva a evitar sobrecargas al detectarlas. | \$2.000 | Incluye instalación y conexión al PLC |
| Válvulas desviadoras | Está diseñada para dirigir el flujo al reproceso, salida de producto o finos. Hecha con acero inoxidable. | \$3.500 | Se pueden necesitar entre 2 a 3 unidades en la línea |
| Transportador | Transportador helicoidal (tornillo sinfín) para manejo de finos o sobre tamaño hacia reproceso. Longitud y capacidad según diseño. | \$10.000 | Este costo depende de sus características de diseño, es decir, longitud, material o diámetro. |
| Separador magnético | Rejilla magnética con alta densidad para la instalación sobre la banda transportadora | \$1.500 | Protege al producto de la contaminación metálica |

| | | | |
|--------------------------------|---|-----------|--|
| Sistema de aspiración de polvo | Unidad recolectora de polvo | \$15.000 | Recupera el producto en forma de polvo |
| Instalaciones | Costos de integración, montaje del cableado, programación del PLC y la capacitación al personal | \$25.000 | El costo suele variar entre un 15% o 25% del costo de los equipos. |
| TOTAL | | \$130.500 | |

Tabla 22. Inversión de equipos

4.7.1. Análisis Costo-Beneficio

Datos Base

Volumen de producción: 500 kg/h

Horario de trabajo: desde las 6:30 am hasta las 24:00 pm (17.5 horas al día)

Días laborables al año: 300 días considerando festivos y paradas por mantenimiento de equipos.

Finos iniciales: 25% del total producido

Finos finales (nueva línea): 10%

Reducción de finos: 25%-10% =15%

Mezcla principal: afrecho de trigo y maíz

Costo De La Materia Prima Por KG

Según los costos del mercado los ingredientes principales del alimento balanceado de camarón son afrecho de trigo y maíz.

El afrecho de trigo cuesta 23 dólares por cada 110 lbs

$$110 \text{ lbs} = 49.9 \text{ kg} \approx 50 \text{ kg}$$

$$\text{costo: } 23 \frac{\text{USD}}{50 \text{ kg}} = 0.46 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

El maíz cuesta unos 20 dólares por cada 100 lbs

$$100 \text{ lbs} = 45.36 \text{ kg}$$

$$\text{Costo: } 20 \frac{\text{USD}}{45.36 \text{ kg}} = 0.44 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

La mezcla promedio en costo seria de $0.45 \frac{USD}{kg}$

Producción diaria de la planta

$$500 \frac{kg}{h} * 17.5 \frac{h}{día} = 8750 \frac{kg}{día}$$

Producción anual

$$8750 \frac{kg}{día} * 300 \frac{días}{año} = 2625000 \frac{kg}{año}$$

Ahorro Anual Por Reducción De Finos

Finos iniciales (25%)

$$0.25 * 2625000 \frac{kg}{año} = 656250 \frac{kg}{año} \text{ se pierden totalmente al año}$$

Finos finales (10%)

$$0.10 * 2625000 \frac{kg}{año} = 262500 \frac{kg}{año} \text{ se pierden totalmente al año}$$

Reducción de finos

$$656250 \frac{kg}{año} - 262500 \frac{kg}{año} = 393750 \frac{kg}{año} \text{ materia que ya no se desperdicia}$$

Costo de la materia prima salvada

$$393750 \frac{kg}{año} * 0.45 \frac{USD}{kg} = 177187.5 \frac{USD}{año}$$

Ahorro Por Menor Reproceso

Ahora el sobre tamaño se es de solo 5% con el nuevo diseño de línea clasificadora y esto hace que se dirija eficientemente a reproceso, pero antes se perdía parcialmente. La perdida era de un 10% en la línea de producción principal que tenía la planta Biomar.

Esto equivaldría a:

$$0.10 * 2625000 \frac{kg}{año} = 262500 \frac{kg}{año}$$

El costo de materia perdida seria de:

$$262500 \frac{kg}{año} * 0.45 \frac{USD}{kg} = 118125 \frac{USD}{año}$$

Ahorro Total Anual Por Materia Prima

La reducción de finos nos da como ahorro un:

$$177187.5 \text{ USD/año}$$

Ahora el ahorro por menor pérdida de reproceso es de:

$$118125 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Ahorro anual conservador por materia prima:

$$177187.5 \frac{\text{USD}}{\text{año}} + 118125 \frac{\text{USD}}{\text{año}} = 295312.5 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Ahorro Por Menor Mano De Obra

Reducción De Personal Operativo

Actual: 4 operarios * 2 turnos = 8 operarios

Diseño nuevo: 3 operarios * 2 turnos = 6 operarios

Reducción: 2 operadores

Ahorro Anual Por Operadores

$$\text{Costo anual por operario} = 800 \text{ USD} * 12 \text{ meses} = 9600 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro anual mano de obra} = 2 \text{ operadores} * 9600 \frac{\text{USD}}{\text{año}} = 19200 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Ahorro Total De Mano De Obra

Al año estamos ahorrando 19200 dólares por haber reducido el número de operadores que trabajaran en dos turnos en la línea de producción.

Ahorro Por Menor Tiempo De Paradas

$$\text{Paradas actuales de la línea sin nuevo diseño: } 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \left(\frac{4}{17.5h} = 22.9\% \right)$$

$$\text{Paradas con el nuevo diseño: } 1.75 \frac{h}{\text{día}} (10\%)$$

$$\text{Reducción de horas paradas: } 4 \frac{h}{\text{día}} - 1.75 \frac{h}{\text{día}} = 2.25 \frac{h}{\text{día}} \text{ horas productivas ganadas}$$

Valor Producción Durante Horas Ganadas

Producción nueva: 500 kg/h

$$\text{Valor producto final: } 1.2 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

$$\text{Producción adicional/día: } 500 \frac{\text{kg}}{h} * 2.25 \frac{h}{\text{día}} = 1250 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Valor producción adicional/día: } 1250 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 1.2 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 1500 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

Ahorro Anual Por Reducción De Paradas

El valor obtenido es porque la nueva línea de clasificación minimiza las horas paradas que antes eran de 4 horas y ahora solo es de 1.75 horas. En estas horas se producían pérdidas, pero ahora se recuperaron 2.25 horas para la producción lo que nos indica mayor cantidad de producto y ahorro por mantenimiento o improductividad. Siendo un total de ahorro anual de:

$$1500 \frac{USD}{día} * 300 \text{ días laborables} = 450000 \frac{USD}{año}$$

Ahorro De Solo Eficiencia

Horas productivas ganadas/día: 2.25 h

$$\text{Producción actual durante ese tiempo: } 500 \frac{kg}{h} * 2.25 \frac{h}{día} = 1125 \frac{kg}{día}$$

$$\text{Valor materia prima en la producción: } 1125 \frac{kg}{día} * 0.45 \frac{USD}{kg} = 506.25 \frac{USD}{día}$$

$$\text{Costo del proceso: } 506.25 * 0.3 = 151.875 \frac{USD}{día}$$

$$\text{Valor neto ganado/día: } 506.25 \frac{USD}{día} - 151.875 \frac{USD}{día} = 354.375 \frac{USD}{día}$$

Ahorro Anual Neto Por Menos Paradas

$$354.375 \frac{USD}{día} * 300 \text{ días laborables} = 106312 \frac{USD}{año}$$

Ahorro Por Mayor Productividad Por Capacidad Incrementada

$$\text{Producción actual anual: } 300 \frac{kg}{h} * 17.5 h * 300 \text{ días} = 1575000 kg$$

$$\text{Producción del diseño nuevo: } 500 \frac{kg}{h} * 17.5 h * 300 \text{ días laborales} = 2625000 kg$$

$$\text{Incremento: } 1050000 \frac{kg}{año}$$

Beneficio Anual Por Mayor Capacidad

$$\text{Costo de materia prima: } 0.45 \frac{USD}{kg}$$

$$\text{Costo procesamiento: } 0.14 \frac{USD}{kg} \text{ (representa el 30\% del costo de la materia prima)}$$

$$\text{Costo total: } 0.45 \frac{USD}{kg} + 0.14 \frac{USD}{kg} = 0.59 \frac{USD}{kg}$$

$$1050000 \frac{kg}{año} * 0.59 \frac{USD}{kg} = 619500 \frac{USD}{año}$$

Este beneficio anual surge por la optimización del flujo y la reducción de paradas, esto permite a la línea operar de manera mas eficiente y a mayor velocidad, convirtiendo las horas improductivas en horas de producción vendible.

4.8. Informe Técnico

Se presentan los resultados obtenidos mediante un informe técnico con indicadores de eficiencia, retornos de inversión y factibilidad operativa al haber incrementado la capacidad de 300 kg/h a un mínimo de 500 kg/h en el nuevo diseño de la línea de clasificación para alimento balanceado de camarón

4.8.1. Resumen Ejecutivo

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la propuesta de rediseño de la línea de clasificación de alimento balanceado para camarón, en específico el rediseño que busca desactivar el cuello de botella que limita la línea a 300 kg/h. Con la optimización de este sistema, que contempla la incorporación de una Clasificadora BALZO de 900 kg/h, más automatización, se lograría una clasificación y, por lo tanto, un incremento en la línea hasta 500 kg/h con los siguientes parámetros: 85% conforme, 10% finos y 5% sobre tamaño para reproceso. El monto de inversión se estima en USD 130.500, con un tiempo de recuperación de 3.2 meses y un ahorro anual útil de USD 704.686. El planteamiento del proyecto tiene viabilidad técnica y, además, se enmarca en los lineamientos de Industria 4.0, optimiza la trazabilidad y se ajusta a los requerimientos de la normativa de inocuidad alimentaria.

4.8.2. Indicadores Clave De Desempeño (KPI)

En la tabla 23 se observan mejoras de producción trazadas por los indicadores KPI definidos para el nuevo diseño de la línea de clasificación, es decir, que el proyecto implementado es viable de forma técnica y económica.

| Indicador | Situación actual | Meta de nuevo diseño | Mejora % |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|-----------|
| Capacidad de clasificación kg/h | 300 kg/h | 500 kg/h | +66.7% |
| Eficiencia global | 50% | 85% | +35% p.p. |
| Tasa de finos | 25% | 10% | -15 p.p. |
| Producto conforme | 65% | 85% | +20 p.p. |
| Tiempo de paradas no planificadas | 4 horas | 1.75 horas | -56.3% |

Tabla 23. KPI de eficiencia operativa

4.8.3. Calidad Y Trazabilidad

En la tabla 24 Se observan los cuatro indicadores de calidad y trazabilidad con la inocuidad del proceso. La línea actual observada en la planta Biomar tiene un 70% de uniformidad granulométrica, lo cual indica que el producto no cumple con los requerimientos de un mercado competitivo. Por esta razón, se proponen como parámetros objetivo del rediseño alcanzar al menos un 95 % de uniformidad granulométrica, limitar el reproceso a un 15 %, asegurar el cumplimiento total de las normas de calidad y reducir la contaminación física, con el fin de mejorar la competitividad del producto en el mercado de alimentos para camarón.

| Indicador | Actual | Meta | Impacto |
|----------------------------|---------------|-------|-------------------------|
| Uniformidad granulométrica | 70% | 95% | +25 p.p. |
| Tasa de reproceso | 35% | 15% | -20 p.p. |
| Cumplimiento normativo | Parcial | Total | Trazabilidad Completada |
| Contaminación física | No controlado | 100% | Inocuidad asegurada |

Tabla 24. KPI de calidad y trazabilidad

4.8.4. Análisis De Retorno De Inversión

4.8.4.1. Inversión Total

En la tabla 25 se presentan todos los componentes a utilizar en el diseño nuevo de la línea de clasificación con sus respectivos costos valorados en el mercado nacional de Ecuador y el total de la inversión a realizar.

| Componente | Costo USD | % del total | Observaciones |
|---------------------------------------|-----------|-------------|--|
| Clasificadora BALZO | \$55000 | 42.1% | Capacidad base $\pm 0.1 \text{ mm}$ |
| Tamices Tyler | \$12000 | 9.2% | Clasificación previa |
| Tolva de recepción AEV 307 | \$6500 | 5% | Acero inoxidable |
| Sensores de nivel y automatización | \$2000 | 1.5% | Control PLC |
| Válvulas desviadoras 3 units | \$10500 | 8% | Dirigir flujos a reproceso |

| | | | |
|--------------------------------|----------|-------|------------------------------------|
| Transportador | \$10000 | 7.7% | Manejo de finos y sobre tamaño |
| Separador magnético | \$1500 | 1.1% | Protege de contaminación metálica |
| Sistema de aspiración de polvo | \$15000 | 11.5% | Mejora ambiental |
| Instalación | \$25000 | 19.2% | Integración de PLC, cableado, etc. |
| TOTAL, INVERSION | \$130500 | 100% | |

Tabla 25. Total de inversión

4.8.5. Ahorros Y Beneficios Anuales

En la tabla 26 se presentan todos los datos obtenidos en el análisis costo-beneficio resumidos y presentados para detallar los ahorros que generaría la implementación del diseño de la nueva línea de clasificación que incremento la capacidad de 300 kg/h a mínimo 500 kg/h.

| Concepto | Ahorro/beneficio anual USD | % TOTAL |
|--|----------------------------|---------|
| Ahorro por eficiencia de materia prima | | |
| Reducción de finos (25%-10%) | \$177188 | 25.1% |
| Menor perdida en reproceso | \$118125 | 16.8% |
| Subtotal de ahorro en materia prima | \$295313 | 41.9% |
| Ahorros por mayor productividad y menos paradas | | |
| Beneficio por capacidad incrementada | \$619500 | 87.9% |
| Ahorro neto por reducción de paradas (4 a 1.75h) | \$106312 | 15.1% |
| Subtotal de productividad | \$725812 | 103% |
| Ahorros por reducción de costos operativos | | |
| Menor mano de obra (8 a 6 operadores) | \$19200 | 2.7% |
| Ahorros por mejora de calidad | | |
| Menor rechazo y devoluciones | \$25000 | 3.5% |

| | | |
|--------------------------|-----------|------|
| Subtotal calidad | \$25000 | 3.5% |
| Ahorro anual conservador | \$704.686 | |

Tabla 26. Ahorros y beneficios anuales

4.8.6. Factibilidad Operativa

4.8.6.1. Integración Técnica

Compatibilidad: tiene un 95%. Los nuevos equipos a integrar como la clasificadora, los tamices, transportadores, etc. Se integran a la nueva estructura existente para mejorar su producción. Las interfaces de control permiten el monitoreo del producto.

Tiempo de implementación: 6-8 semanas

Espacio requerido: 20 m²

4.8.6.2. Capacitación Del Personal Operativo

Personal afectado: 8 operadores se redujeron a 6

Horas de capacitación: mínimo 40 horas por persona

Tiempo de dominio: 1 o 2 meses

Documentación: manuales técnicos de los equipos, procedimientos operativos, mantenimiento preventivo.

4.8.6.3. Mantenimiento Y Soporte

Disponibilidad de repuestos: 80% locales por marcas como BALZO y 20% importación con al menos 15 días de entrega.

MTBF es el tiempo medio entre fallas: unas 1800 horas para el sistema principal antes de adecuarse al nuevo diseño implementado.

Soporte técnico: asistencia por parte de los fabricantes de equipos

CONCLUSIONES

La mejora de los cuellos de botella en la clasificación de líneas de alimentación balanceada y automatizada en la planta de BioMar, permitió incrementar la capacidad productiva de 300 kg/ha a 500 kg/h, sin afectar la calidad granulométrica en cada una de las etapas del desarrollo del camarón. La clasificadora BALZO de alta precisión, los clasificadores de control automatizado PLC, y los clasificadores de sensores de nivel, junto con un rediseño de clasificadores de flujo de materiales, no solo solucionaron las restricciones operativas, sino que mejoraron la homogeneidad del producto, redujeron los reprocesos un 20%, y mejoraron la utilización de los recursos. Estos clasificadores generaron un ahorro significativo en la viabilidad técnico-económica con un retorno de inversión de 3.2 meses y un ahorro superior a 704.000 USD.

- En la clasificadora de tamaño, que funciona con una eficiencia del 63% y una desviación de tamaño de $\pm 0,7$ mm, la máquina demora 190 kg/h. Las principales razones técnicas fueron la alimentación no automatizada, el desgaste de las pantallas, la variabilidad en el flujo de materiales, que provocó detenciones no planificadas y una pérdida de finos del 25%.
- La línea, con un clasificador BALZO de 900 kg/h, pantallas Tyler, silos de pulmón con sensores de nivel y válvulas de desvío, se encuentra reconfigurada. esta reconfiguración eliminó los cuellos de botella y brindó un flujo cóncavo y equilibrado. En la simulación Flexsim, el nuevo diseño alcanza el 85% de eficiencia con un tiempo de inactividad de 4 a 1,75 horas.
- La simulación computacional demostró que la línea en cuestión podría procesar 500 kg/h con 85% del producto en el objetivo, 10% de finos y 5% de sobre tamaño para reprocesado. El sistema automatizado de control de flujo, trazabilidad, y menor intervención manual para la dependencia, PLC y SCADA integrados, mejoran dichos aspectos.
- En relación con el objetivo específico 2, se logró el rediseño del layout de la planta mediante una nueva disposición de los equipos y la optimización de los flujos de materiales, lo que permitió reducir los cuellos de botella identificados en el sistema de clasificación. El nuevo diseño facilitó una operación más continua y ordenada, mejorando la eficiencia del proceso y disminuyendo las interferencias entre las distintas etapas productivas, lo que contribuye a una mayor estabilidad operativa y a un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada.

RECOMENDACIONES

- Establecer un programa de mantenimiento utilizando analítica predictiva con datos de sensores y PLC para aplicar analítica predictiva y reducir las fallas recurrentes de componentes críticos: el clasificador y los tamices, asegurando así la continuidad operacional y optimizando la vida útil de los componentes.
- Instruir a los operativos y de mantenimiento, con un mínimo de 40 horas de clase por persona, en la utilización de sistemas automatizados (PLC, SCADA, sensores) para atender el funcionamiento de la línea rediseñada, de manera eficaz y segura.
- Establecer, tras la incorporación de nuevos lotes de materia prima, un protocolo de calibración de los equipos de clasificación y de tamizado, para el mantenimiento de la precisión granulométrica y los estándares de calidad de la norma ISO 22000, HACCP.
- Incorporar el SCADA de monitoreo en tiempo real con los KPIs de producción, calidad y eficiencia energética, para el control y la toma de decisiones con mayor rapidez ante un problema en el proceso.
- Antes de la implementación definitiva, habrá una prueba piloto de la línea rediseñada, que durará entre 4 y 6 semanas, con el fin de validar los resultados de la simulación en el campo, ajustar los intervalos operacionales y reducir los riesgos del inicio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FAO, “Informe de la FAO: La producción pesquera y acuícola mundial alcanza un nivel sin precedentes,” *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*.
- [2] C. A. Rimbaldo Luzon, E. C. Prado Carpio, C. A. Valarezo Macías, and H. R. Carvajal Romero, “Análisis de la Producción y Exportación del Sector Camaronero en Ecuador,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.37811/cl_rcm.v8i1.10028.
- [3] Six Sigma, “¿Qué es la teoría de las restricciones? Una guía completa,” SixSigma.us.
- [4] S. del R. Maldonado Guzmán, S. del R. Bazán Avilés, A. L. Córdova Bravo, and F. A. Ordoñez Gualan, “La Evolución de los Procesos de Elaboración de Alimento con Alto Valor Nutricional y su Relación para la Producción de Crustáceos *Litopenaeus Vannamei*,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, no. 4, 2024, doi: 10.37811/cl_rcm.v8i4.12509.
- [5] C. E. Boyd *et al.*, “Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges,” 2020. doi: 10.1111/jwas.12714.
- [6] B. Rihawi, “The impact of ISO 22000: 2018 on food facilities performance with multiple production lines,” *CYTA - Journal of Food*, vol. 22, no. 1, 2024, doi: 10.1080/19476337.2024.2431281.
- [7] Á. N. Gonzabay Crespín, Vite Cevallos Harry Alexander, Garzón Montealegre Víctor Javier, and P. F. Quizhpe Cordero, “Análisis De La Producción de Camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea periodo 2015-2020.,” *Polo del Conocimiento*, vol. 6, 2021.
- [8] D. Zambrano-Silva, L. Soto-Chávez, and J. Ugalde-Vicuña, “Teoría de las restricciones y su impacto en las mejoras de la productividad,” *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 11, 2021.
- [9] R. de J. Eras-Agila and R. Meleán-Romero, “Ecosistemas de producción camaroneros: Estudios y proyecciones para la gestión de costos,” *INNOVA Research Journal*, vol. 6, no. 3.1, 2021, doi: 10.33890/innova.v6.n3.1.2021.1833.
- [10] Y. Piedrahita, “La industria de cultivo de camarón en Ecuador,” *Global Aquaculture Alliance*, 2018.

- [11] Andrés. Pinzón Valencia and Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural., “Estrategia de política para el sector de pesca y acuicultura,” *Sector de Pesca y Acuicultura*, vol. 7, no. 9, 2019.
- [12] T. E. Ibarra-Mayorga, A. S. Jijón-Vergara, J. J. Proaño-Morales, and V. A. Cobeña-Veliz, “Efecto de la alimentación natural con organismos del meiobentos marino y biofloc sobre los parámetros de producción en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*,” *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura.*, vol. 3, no. 2, 2021, doi: 10.33936/at.v3i2.3691.
- [13] J. C. Herrera, J. O. C. Herrera, W. G. G. Mora, P. Q. Cordero, and O. R. S. Romero, “Efecto de alimentos balanceados comerciales y predigeridos con probióticos sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles del camarón blanco *Litopenaeus Vannamei*,” *Polo del Conocimiento*, vol. 8, no. 8, 2023.
- [14] F. A. Terreros Ponce, “Eficiencia productiva en la industria camaronera del Ecuador: Influencia de factores tecnológicos y ambientales en su Competitividad,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 9, no. 1, 2025, doi: 10.37811/cl_rcm.v9i1.15939.
- [15] J. P. Ordoñez-Iglesias, Y. Méndez-Martínez, and O. A. Zúñiga-Argudo, “Efecto del balance iónico en dieta sobre la salud del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en etapa de precria cultivado en agua de pozo,” *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, vol. 7, no. 14, 2024, doi: 10.56124/allpa.v7i14.0079.
- [16] A. T. O. Campos and L. J. A. Sosa, “Mejora en la calidad de harina de pescado implementando la inteligencia artificial,” *Ciencias e Ingeniería*, vol. 1, no. 1, 2025.
- [17] C. Molina-Poveda, F. Zavala, E. O’Brien, M. Espinoza-Ortega, and C. Mora, “El impacto de la calidad física y contenido nutricional del alimento en el rendimiento de larvas *Litopenaeus vannamei*. PARTE I,” *Skretting Aquaculture Innovation*, 2024.
- [18] F. J. Espinós Gutiérrez, “La acuicultura como activo económico y social,” *Mediterráneo económico, ISSN 1698-3726, N°. 33, 2020 (Ejemplar dedicado a: La biodiversidad marina. Riesgos, amenazas y oportunidades)*, págs. 289-307, no. 33, 2020.

- [19] J. Fenucci, "Manual para la Cria de Camarones ," Programa Cooperativo Gubernamental, FAO.
- [20] R. Ramos and E. Andreatta, "Requerimientos de proteína y energía bruta en juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) sometidos a diferentes salinidades," *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, vol. 39, no. 3, 2011, doi: 10.3856/vol39-issue3-fulltext-4.
- [21] E. Garibay-Valdez *et al.*, "La microbiota del tracto digestivo de camarones penaeidos: una perspectiva histórica y estado del arte//The gut microbiota of penaeid shrimp: a historical perspective and state of the art," *Biotecnia*, vol. 22, no. 1, 2019, doi: 10.18633/biotecnia.v22i1.1119.
- [22] J. J. Castro Morán and A. Ordinola-Zapata, "La estrategia de ayuno y realimentación, una alternativa viable para optimizar el consumo de alimento balanceado en el cultivo semi-intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*," *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 32, no. 5, 2021, doi: 10.15381/rivep.v32i5.19546.
- [23] M. N. Cardoza and J. A. Olivas, "Procesamiento de productos acuáticos: oportunidad para la creación de valor agregado en la industria pesquera y acuícola a través de proyectos estudiantiles," *Revista Mexicana de Agronegocios*, no. 54, 2024.
- [24] E. C. Simón, H. Cabrera Alarcón, G. Espinosa López, and A. Arenal Cruz, "Evolution of Molecular Markers Used in Genetic Studies of *Penaeus vannamei*," 2023.
- [25] É. O. Carranza, "Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal," *Revista Ciencia y Tecnología*, no. 25, 2020, doi: 10.5377/rct.v13i25.10412.
- [26] S. Wanlapa, K. Wachirasiri, D. Uttapap, C. Puttanlek, and V. Rungsardthong, "Cambios en el rendimiento de procesamiento y propiedades físicas del camarón blanco congelado (*Penaeus vannamei*) tratado con lisina y bicarbonato de sodio," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 52, no. 3, 2017.
- [27] M. G. Chalán Jumbo and J. A. Villón Moreno, "Evaluación de la uniformidad de postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei*, en el laboratorio Ecufriendly S.A., en los meses de abril a julio de 2021," <https://agris.fao.org/search/en/providers/125005/records/674897597625988a371e2443>.

- [28] S. E. Distingue, “¿ QUÉ ES EL TAMIZADO ?,” *COUPE*, 2019.
- [29] David, “Curva de Tromp: Ejemplo de curva de partición,”
<https://www.911metallurgist.com/blog/tromp-curve-example-partition-curve/>.
- [30] J. L. Romero Ibarra and J. L. Romero Ibarra, “Análisis integral de algoritmos de clasificación en aprendizaje automático: perspectivas, comparaciones y aplicaciones,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, 2025.
- [31] Structuralia, “Todo sobre el análisis granulométrico y su curva,”
<https://blog.structuralia.com/curva-y-analisis-granulometrico>.
- [32] Qiankun, “La ciencia detrás de los aireadores en la tecnología de aireación,”
<https://es.sewageclean.com/info/the-science-behind-aerators-in-aeration-technology-17185513155027968.html>.
- [33] Bratney, “Separadores de densidad: Separadores de gravedad vs. despedregadoras en seco,” <https://www.bratney.com/blog/density-separators-gravity-separators-vs.-dry-stoners>.
- [34] J. Čamaj, Z. Bulková, and J. Gašparík, “Optimización del flujo de materiales como herramienta para mejorar los procesos logísticos en la empresa,” *Ciencias Aplicadas (Suiza)*, vol. 15, no. 6, 2025.
- [35] R. Londoño García, “Balances De Masa Y Energía,” *Universidad Tecnológica De Pereira*, vol. 4, 2015.
- [36] R. C. Ramírez Estrada, A. L. Hernández-Sánchez, D. A. Aguilar-Díaz, and J. M. Pérez-Sánchez, “Sensores y tipos de sensores,” *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, vol. 11, no. 21, 2024, doi: 10.29057/estr.v11i21.11779.
- [37] J. E. C. Consuelo, G. S. Bautista, and M. G. Munguía, “Sistemas SCADA: una revisión de su composición, aplicaciones e importancia,” *South Florida Journal of Development*, vol. 6, no. 9, 2025, doi: 10.46932/sfjdv6n9-014.
- [38] D. de S. Dias, H. L. Moreira, P. A. B. de Oliveira, and J. R. da Silva, “Eficiência energética na Indústria 4.0,” *Revista Brasileira de Mecatrônica*, vol. 5, no. 3, 2023.

- [39] Jessica N. Kraft and Adam J. Woods, “Velocidad de procesamiento,” vol. 1, pp. 4734–4738, Jan. 2022, Accessed: Jan. 23, 2026. [Online]. Available: https://link.springer.com/rwe/10.1007/978-3-030-22009-9_722#citeas
- [40] CSA- SEGURIDAD ALIMENTARIA, “Las normas internacionales de seguridad alimentaria: IFS, BRC e ISO 22000:2018 - CSA,” *Las normas internacionales de seguridad alimentaria: IFS, BCR e ISO 22000: 2018*, 2018.
- [41] C. G. Awuchi, “HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems,” 2023. doi: 10.1080/23311932.2023.2176280.
- [42] T. Kiss, “Investigación aplicada: Qué es, características y ejemplos,” <https://concepto.de/>, 2025.
- [43] Editorial Etecé, “Investigación descriptiva: qué es, características, ejemplos,” <https://concepto.de/>, 2025.
- [44] L. Bolívar and L. R. Bolívar, “EQUIPO DE INVESTIGACIÓN,” in *Proteger los derechos humanos en el terreno*, 2024. doi: 10.2307/jj.16192229.18.
- [45] Editorial Etecé, “Investigación no experimental - Qué es, tipos y ejemplos,” <https://concepto.de/>, 2025.
- [46] H. Romero Urréa, J. J. Real Cotto, J. L. Ordoñez Sánchez, G. E. Gavino Díaz, and G. Saldarriaga, “METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN,” *ACVENISPROH Académico*, 2022, doi: 10.47606/acven/aclib0017.
- [47] Soiltest, “Tamices de prueba estándar USA ASTM E-11.,” *SoilTest*, vol. 1, 2016.

ANEXOS

Máquina Clasificadora de Camarón



La Máquina Clasificadora BALZO está compuesta por pares de rodillos clasificadores y auxiliares, que permite realizar la clasificación de 5 tamaños de camarones (4 tallas y una sobretalla) en líneas de 2000, 3000, 4000, 5000 y 6000 libras/hora.

Características Técnicas de la Máquina

- Cajas de engranajes totalmente selladas con sistema de lubricación por centrifugación.
- Tanques de aceite aislados en una cámara para evitar cualquier posible contaminación con el agua.
- Sistema mecánico de regulación de las aberturas superior e inferior de los rodillos en el proceso de calibración.

Tanque de Recepción y Banda Transportadora Elevador

- Tanque pequeño de recepción de acero inoxidable, abatible para una buena limpieza.

- Elevador transportador con una banda que transportan el camarón a la máquina.

Transportadores transversales

4 transportadores transversales fijos con dispositivos de empaque directo. En los modelos de 4000 y 5000 lbs/hora cuentan con 3 transportadores móviles adicional y 5 dispositivos de empaque directo en total. En 6000 lbs/hora se adiciona un transportador móvil con doble dispositivo de empaque directo.

Tanque de Lavado con Banda de Inspección

Capacidad del tanque de entre 800 a 2900 litros según modelo y ha sido diseñado y construido totalmente en acero inoxidable, por soldadura TIG.

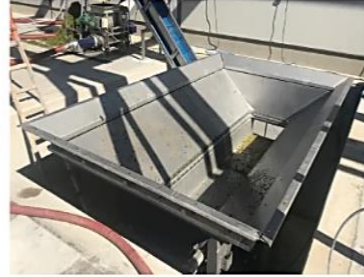
- Todo el sistema hidráulico está formado por un equipo de recirculación de agua.
- Mecanismo regulable de paletas para el control del volumen de camarones.

la maquina clasificadora de Camarón

Anexos 1. Ficha Técnica de

Tolvas vibratorias Delta AEV

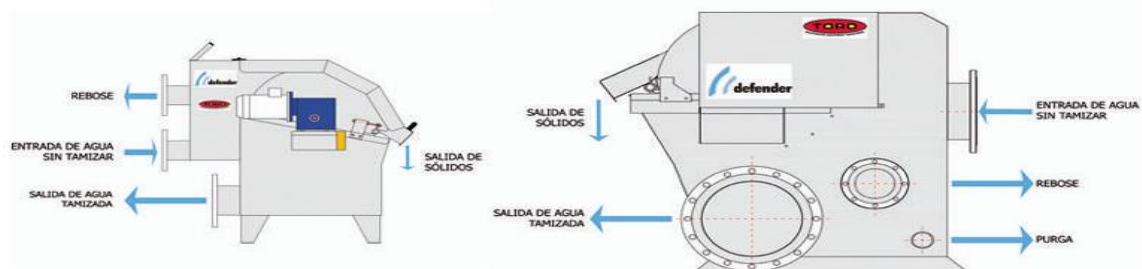
Las tolvas vibratorias Delta AEV permiten recibir y transferir la uva de vendimia manual o mecánica. Capacidad del recipiente de 30 a 150 hl. Son esenciales para un despalillado óptimo.



| Beneficios | Descripción técnica | Opciones | Descargas | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|----------|-----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Especificaciones técnicas | AEV 307 | AEV 407 | AEV 507 | AEV 607 | AEV 807 | AEV 5510 | AEV 610 | AEV 810 | AEV 1010 | AEV 1210 | AEV 1510 |
| Capacidad de la tolva (hl) | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 50 | 60 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| Longitud (mm) | 4250 | 4250 | 4250 | 4420 | 4800 | 4250 | 4250 | 4500 | 4800 | 4800 | 4800 |
| Anchura (mm) | 2030 | 2200 | 2215 | 2560 | 3150 | 220 | 2215 | 2780 | 3140 | 3140 | 3140 |
| Altura de carga (m) | 1980 | 2050 | 2220 | 2260 | 2505 | 2100 | 2270 | 2400 | 2550 | 2750 | 2960 |

Anexos 2. Ficha técnica de la Tolva de recepción

Descripción del Proceso



Funcionamiento:

Los Tamices Rotativos Defender® son equipos de pretratamiento de afino en el proceso de eliminación de residuos sólido-líquido a través de un tambor filtrante formado por una luz de malla de rejilla o perforada de diferente calibre según el tipo y cantidad de sólidos a tratar.

Su misión es eliminar los sólidos que arrastra el agua, con el fin de evitar atascos y problemas mecánicos en las instalaciones.

Son equipos independientes con sistemas de autolimpieza y accionamiento automático de funcionamiento.

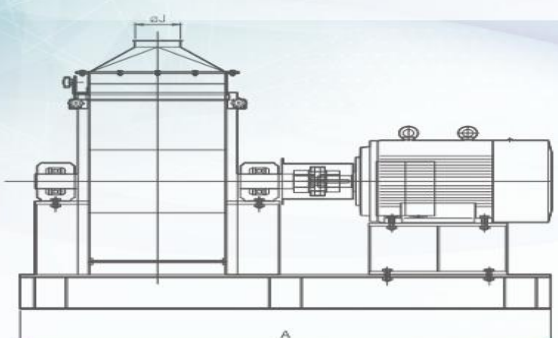
En aguas urbanas permiten sustituir en muchos casos decantadores primarios, proporcionando la eliminación de

Anexos 3. Ficha técnica del tamiz rotatorio

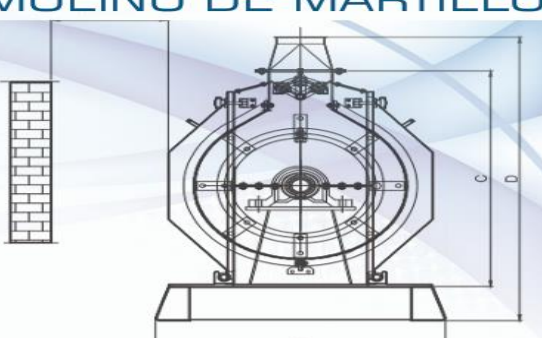
| Modelo | Capacidad* | | Conexión | Tensión | Máx. Presión de Operación bar | Máx. Temperatura Ambiente °C | Máx. Temperatura de Entrada °C | Dimensiones (mm) | | | Peso Kg |
|--------------|---------------------|------|----------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------|--------|------------|
| | m ³ /min | cfm | | | | | | Largo | Ancho | Altura | |
| HRD 50 HPN | 0,83 | 29 | G ¾" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 454 | 361 | 553 | 36 |
| HRD 90 HPN | 1,50 | 53 | G ¾" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 454 | 361 | 553 | 38 |
| HRD 150 HPN | 2,50 | 88 | G ¾" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 453 | 401 | 623 | 45 |
| HRD 220 HPN | 3,67 | 130 | G ¾" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 453 | 401 | 623 | 45 |
| HRD 300 HPN | 5,00 | 177 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 505 | 451 | 761 | 70 |
| HRD 400 HPN | 6,67 | 236 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 505 | 451 | 761 | 72 |
| HRD 500 HPN | 8,33 | 294 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 505 | 451 | 812 | 78 |
| HRD 575 HPN | 9,58 | 338 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 505 | 451 | 812 | 80 |
| HRD 775 HPN | 12,9 | 456 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 675 | 501 | 984 | 115 |
| HRD 910 HPN | 15,2 | 537 | G 1 ¼" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 675 | 501 | 984 | 120 |
| HRD 1000 HPN | 16,7 | 590 | G 2" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 947 | 727 | 1170 | 218 |
| HRD 1160 HPN | 19,4 | 685 | G 2" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 947 | 727 | 1170 | 220 |
| HRD 1500 HPN | 25,0 | 883 | G 2" | 230V/1/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 947 | 727 | 1170 | 225 |
| HRD 1600 HPN | 26,7 | 943 | G 2" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 947 | 797 | 1460 | 263 |
| HRD 1800 HPN | 30,0 | 1059 | G 2" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 947 | 797 | 1460 | 265 |
| HRD 2200 HPN | 36,7 | 1296 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 352 |
| HRD 2500 HPN | 41,7 | 1473 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 353 |
| HRD 2700 HPN | 45,0 | 1589 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 355 |
| HRD 3000 HPN | 50,0 | 1766 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 422 |
| HRD 3300 HPN | 55,0 | 1942 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 423 |
| HRD 3600 HPN | 60,0 | 2119 | G 2 ½" | 460V/3/60 Hz | 45 | 45 | 50 | 1162 | 797 | 1495 | 425 |

* Hertz se reserva el derecho de modificar las especificaciones de los productos sin previo aviso.

Anexos 4. Ficha técnica del secador-enfriador



MOLINO DE MARTILLO



| Características Técnicas | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------------|-----------|-------|---------------------------------|
| Modelo | Capacidad* (t/h) | Potencia del Motor (kW) | Peso (Kg) | | Volumen Bruto (m ³) |
| | | | Neto | Bruto | |
| MTCDA 10 | 1 | 15 | 615 | 744 | 2,5 |
| MTCDA 25 | 2,5 | 30 | 748 | 907 | 3,5 |
| MTCDA 50 | 5 | 45 | 1000 | 1193 | 4,0 |

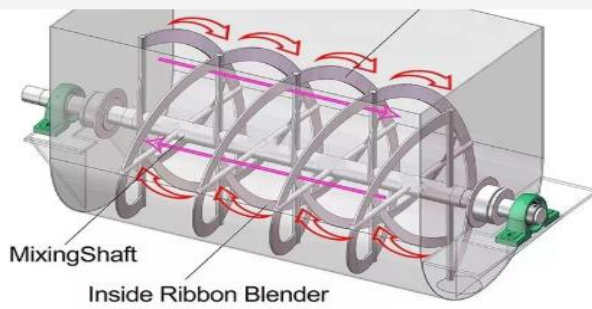
| Dimensiones (mm) | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|
| Modelo | A | B | C | D | Ø |
| MTCDA 10 | | | | | |
| MTCDA 25 | | | | | |
| MTCDA 50 | | | | | |

ESTRUCTURA

Tiene dos estructuras principales; el chasis puesto encima de unas cuñas que evitan a la vibración, el motor, el grupo del cuerpo y el grupo del rotor que lleva a los martillos. El material del chasis es de acero carbono ST 37, el cuerpo es de ST 42 acero carbono resistente a la vibración, esta equipado con las cubiertas fácil de abrirlas y son impermeables y además tratan como una base para el rotor.

La vibración se esta reducida hasta al nivel mínimo en el rotor. Están medidos a su equilibrio estático y dinámico.

Anexos 5. Ficha técnica del molino de martillos



Parámetros técnicos

| Especulación | WLDH-100 | WLDH-300 | WLDH-500 | WLDH-1000 | WLDH-1500 | WLDH-2000 | WLDH-3000 | WLDH-4000 | WLDH-6000 | WLDH-8000 | WLDH-10000 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Volumen total (L) | 100 | 300 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 3000 | 4000 | 6000 | 8000 | 10000 |
| Cantidad/lote mezclado (L) | 30-60 | 90-180 | 150-300 | 400-600 | 450-900 | 600-1200 | 900-1800 | 1200-2400 | 1800-3600 | 2400-4800 | 3000-6000 |
| Potencia (Kw) | 1.5-4 | 3-5.5 | 4-11 | 7.5-15 | 11-18.5 | 15-22 | 18.5-30 | 22-37 | 37-55 | 37-55 | 45-75 |
| Velocidad de rotación (RPM) | 65 | 65 | 65 | 46 | 38 | 33 | 28 | 28 | 28 | 24 | 21 |

Anexos 6. Mezcladora de cinta horizontal

Producción.

Rendimiento Mezcla uniforme Alta compresión

Peletizado
Conducir motor
Estructura del cuerpo

DOTIZA HOY

Tabla De Parámetros

| Modelo | SZH250 | SZH320 | SZH380 | SZH420 | SZH508 | SZH558 | SZH678 | SZH768 |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Potencia del motor principal (Kw) | 22 | 37 | 55 | 110 | 160 | 185 | 250 | 315 |
| Potencia del alimentador (kw) | 1.1 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.2 |
| Potencia del acondicionador (kw) | 1.5 | 4 | 4 | 7.5 | 7.5 | 11 | 11 | 11 |
| Diámetro interior del molde anular (mm) | 250 | 320 | 350 | 420 | 508 | 558 | 673 | 762 |
| Diámetro de los pellets terminados (mm) | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - | 2.12 - |
| Producción de salida (TPH) | 1.0-1.5 | 3-4 | 5-6 | 10-12 | 15-16 | 20-22 | 30-33 | 38-40 |

Anexos 7. Datos técnicos de peletizadora con acondicionador



Anexos

Informe NTE INEN sobre la calidad alimento balanceado de camarón

8.

HACCP Principles & Application Guidelines

Adopted August 14, 1997

NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS

The National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) is an advisory committee chartered under the U.S. Department of Agriculture (USDA) and comprised of participants from the USDA (Food Safety and Inspection Service), Department of Health and Human Services (U.S. Food and Drug Administration and the Centers for Disease Control and Prevention) the Department of Commerce (National Marine Fisheries Service), the Department of Defense (Office of the Army Surgeon General), academia, industry and state employees. NACMCF provides guidance and recommendations to the Secretary of Agriculture and the Secretary of Health and Human Services regarding the microbiological safety of foods.

Anexos 9. Informe sobre los principios y aplicaciones del HACCP