UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Diseño de un tamiz rotatorio (Trómel) en una planta de producción de ovas de pez volador para reducir la interacción del hombre en una etapa del proceso

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Elaborado por

Joan Peter Alvarez Rojas

0009-0001-2801-7969

Asesor

MSc. Eliseo Páez Apolinario

0000-0001-9666-5290

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Alvarez, 2025)
Referencia/Reference Estilo/Style: APA (7ma ed.)	Alvarez, J. (2025). *Diseño de un tamiz rotatorio (Trómel) en una planta de producción de ovas de pez volador para reducir la interacción del hombre en una etapa del proceso*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

Dedicatoria

A mis padres, Rodolfo y Katty, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, por impulsarme a ser mejor persona y profesional, y a no claudicar a pesar de las adversidades.

A mi hijo, Jayden, por ser el motor de mi vida y un motivo para seguir luchando, a quien heredo esta investigación y pueda servirle de base para su futuro desarrollo profesional.

Lista de contenidos

Lista de tablas viii

Lista de figuras ix

Resumen xi

Abstract xii

Introducción xiii

CAPITULO I 1

1. Generalidades 1

1.1. Antecedentes de la investigación 1

1.2. Identificación y descripción del problema de estudio 5

1.3. Formulación del problema 10

1.3.1. Problema principal 10

1.3.2. Problemas específicos 10

1.4. Justificación e importancia 10

1.5. Objetivos 10

1.5.1. Objetivo general 10

1.5.2. Objetivos específicos 10

1.6. Hipótesis 11

1.6.1. Hipótesis general 11

1.6.2. Hipótesis especificas 11

1.7. Variables y operacionalización de variables 11

1.7.1. Variables 11

1.7.2. Operacionalización de variables 11

1.8. Metodología de la investigación 12

1.8.1. Unidades de análisis 12

1.8.2. Tipo, enfoque y nivel de investigación 12

1.8.3. Diseño de la investigación 13

1.8.4. Fuentes de información 13

1.8.5. Población y muestra 14

1.8.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 14

1.8.7. Análisis y procesamiento de datos 14

CAPITULO II 15

2. Marco teórico y marco conceptual 15

2.1. Bases teóricas 15

2.1.1. Procesamiento de ovas de pez volador 15

2.1.2. Tamizado o cribado 19

2.1.3. Trómel 20

2.1.4. Diseño 24

2.2. Marco conceptual: Definición de términos o conceptos 25

2.2.1. Ovas de pez volador 25

2.2.2. Racimo 25

2.2.3. Tamiz o criba 25

2.2.4. Tambor rotatorio o tamiz rotatorio 25

2.2.5. Helicoide de arrastre 26

2.2.6. Rayador 26

2.2.7. Pallet 26

2.2.8. Jaba 26

2.2.9. FEM 26

2.2.10. DEM 26

CAPITULO III 27

3. Desarrollo del trabajo de investigación 27

3.1. Diseño 27

3.1.1. Metodología de diseño 27

3.1.2. Parámetros de diseño 28

3.1.3. Selección de materiales 30

3.1.4. Modelo preliminar 31

3.1.5. Análisis FEM 32

3.1.6. Análisis DEM 37

3.1.7. Diseño detallado de la estructura y componentes 45

CAPITULO IV 52

4. Resultados, discusión de resultados y contrastación de hipótesis 52

4.1. Resultados 52

4.1.1. Resultados del análisis FEM 52

4.1.2. Resultados del análisis DEM 53

4.2. Discusión de resultados 54

4.3. Contrastación de hipótesis 55

4.3.1. Contrastación de hipótesis general 55

4.3.2. Contrastación de hipótesis especifica 1 55

4.3.3. Contrastación de hipótesis especifica 2 56

4.3.4. Contrastación de hipótesis especifica 3 56

CONCLUSIONES 57

RECOMENDACIONES 58

REFERENCIAS 59

ANEXOS 1

ANEXO A: Matriz de consistencia 1

ANEXO B: Bitácora de campo 2

ANEXO C: Fichas técnicas 3

ANEXO D: Planos 11

Lista de tablas

Tabla 1 Principales exportadores (en valor exportado) para los años 2019 y 2020. 6

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables. 11

Tabla 3 Características epistemológicas de la investigación. 13

Tabla 4 Propiedades del análisis. 34

Tabla 5 Valores de fuerzas de reacción en apoyos fijos. 37

Tabla 6 Parámetros de ingreso iteración 1. 39

Tabla 7 Propiedades físicas de las partículas iteración 1. 39

Tabla 8 Parámetros de ingreso iteración 2. 41

Tabla 9 Propiedades físicas de las partículas iteración 2. 41

Tabla 10 Parámetros de ingreso iteración 3. 43

Tabla 11 Propiedades físicas de las partículas iteración 3. 43

Tabla 12 Tabla de coeficientes de fricción de algunos materiales. 46

Tabla 13 Propiedades del análisis. 49

Tabla 14 Valores obtenidos análisis FEM al trómel. 52

Tabla 15 Valores obtenidos análisis FEM a la estructura base. 52

Tabla 16 Tiempo de residencia de ovas al interior del trómel. 53

Tabla 17 Velocidad de avance axial del flujo de ovas al interior del trómel. 53

Tabla 18 Vista axial de caída de efecto catarata. 53

Tabla 19 Matriz de consistencia. 1

Lista de figuras

Figura 1 Gráfico de evolución de exportaciones de pesca no tradicional periodo enero-agosto 2017 al 2023. 5

Figura 2 Ubicación de las plantas de Oceano Seafood S.A. a lo largo del litoral peruano. 6

Figura 3 Presentaciones de ovas de pez volador. 7

Figura 4 A la izquierda Maquina Rayadora de ovas. A la derecha Operadores que intervienen en el equipo. 8

Figura 5 Malla metálica y aspersores de agua para el proceso de lavado post rayado 1.. 9

Figura 6 Operador realizando labor de arrastre manual de ovas hacia faja transportadora. 9

Figura 7 Características exteriores de ovas de peces voladores. 15

Figura 8 Fotografías de ovas de (a) Ch heterurus, (b) H. rondeletii. 15

Figura 9 Diagrama de flujo de proceso de ovas de pez volador. 16

Figura 10 Criterios de rechazo de materia prima. 17

Figura 11 Trómel lavador de áridos. 20

Figura 12 Trómel de cribado. 21

Figura 13 El hundimiento de movimiento en un tambor rotatorio. 22

Figura 14 El hundimiento de movimiento en un tambor rotatorio. 22

Figura 15 La centrifugación de movimiento en el tambor rotatorio. 23

Figura 16 Diagrama de movimiento de materia orgánica al interior del tambor cribador. 24

Figura 17 Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones. 25

Figura 18 Diagrama del proceso metodológico del diseño. 27

Figura 19 Estructura del tambor del trómel. 31

Figura 20 Geometría del tamiz. 32

Figura 21 Geometría y distribución de perforaciones del tamiz. 32

Figura 22 Topología del modelo para análisis FEM. 33

Figura 23 Restricciones fijas y cargas del modelo. 34

Figura 24 Vista de mallado del modelo. 35

Figura 25 Gráfico de esfuerzo equivalente von-Mises. 35

Figura 26 Gráfico de deformación total. 36

Figura 27 Gráfico de factor de seguridad 36

Figura 28 Gráfico de ubicación de fuerzas de reacción. 37

Figura 29 Superficie de control para análisis DEM. 38

Figura 30 Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 1. 40

Figura 31 Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 1. 40

Figura 32 Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 1 41

Figura 33 Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 2. 42

Figura 34 Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 2. 42

Figura 35 Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 2 43

Figura 36 Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 3. 44

Figura 37 Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 3. 44

Figura 38 Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 3 45

Figura 39 Modelo propuesto para la estructura base. 49

Figura 40 Restricciones fijas y cargas del modelo. 50

Figura 41 Vista de mallado del modelo. 50

Figura 42 Gráfico de esfuerzo equivalente von-Mises. 50

Figura 43 Gráfico de deformación total. 51

Figura 44 Gráfico de factor de seguridad 51

Resumen

El estudio se realiza con datos obtenidos en el año 2023 en una planta de procesamiento de ovas de pez volador, año en el cual el sector pesquero peruano se encontraba en una coyuntura difícil en cuando a las exportaciones del rubro pesquero no tradicional.

Un tamiz rotatorio consiste, en la mayoría de casos, en un equipo que separa por tamaños un material a través del tamiz, y rechaza los de mayor tamaño. En el presente estudio, se diseñará un trómel lavador de ovas, el cual rechaza las partículas más pequeñas, y tiene como funciones principales, transportar, tamizar y lavar las ovas, además de ser un equipo auto limpiante.

La metodología de diseño presentada es del tipo iterativa, partiendo de la necesidad del cliente, para luego definir los parámetros de diseño, realizar un modelo preliminar según el espacio disponible, analizar dicho modelo, seleccionar los componentes según el diseño óptimo y finalmente realizar el modelo final y generar los planos de fabricación.

Con los datos obtenidos de una bitácora de campo realizada en una visita técnica a la planta, se presenta un modelo de trómel, al cual posteriormente se le realizan cálculos de resistencia estructural por el método de elementos finitos, y cálculo de movimiento del material particulado al interior del equipo por el método de elementos discretos, con los cuales validar los parámetros de diseño calculados.

Finalmente, se corrobra de que el diseño del equipo reduce en gran medida la interacción del hombre en el proceso de tamizado de ovas, el cual es realizado de manera manual en la planta.

Palabras clave – pez volador, ovas, tamiz rotatorio, tamiz lavador, trómel, análisis por el método de elementos finitos, análisis por el método de elementos discretos

Abstract

The study is carried out with data obtained in 2023 in a flying fish egg processing plant, a year in which the Peruvian fishing sector found itself in a difficult situation in terms of exports of the non-traditional fishing sector.

A rotary sieve consists, in most cases, of equipment that separates a material by size through a sieve, rejecting larger ones. In this study, an egg washing trommel will be designed. It rejects the smallest particles and its main functions are to transport, sift, and wash the eggs, in addition to being a self-cleaning device.

The design methodology presented is iterative, starting from the client's needs, then defining the design parameters, creating a preliminary model based on the available space, analyzing said model, selecting the components according to the optimal design, and finally creating the final model and generating the manufacturing drawings.

Using data obtained from a field log taken during a technical visit to the plant, a trommel model is presented. Structural strength calculations are then performed using the finite element method, and particulate material movement calculations within the equipment are performed using the discrete element method, which are used to validate the calculated design parameters.

Finally, it is confirmed that the equipment design greatly reduces human interaction in the egg sieving process, which is performed manually at the plant.

Keywords – flying fish, eggs, rotary sieve, washing sieve, trommel, finite element analysis, discrete element analysis

Introducción

El trabajo de suficiencia desarrollado a continuación comprende cuatro capítulos, los cuales se originan con una bitácora de campo obtenida en una visita técnica a la planta de procesamiento de ovas de pez volador, para luego realizar una investigación sobre estudios referenciales en otras industrias y procesos, y finalmente desarrollar cálculos con fórmulas técnicas, conocimiento básico de mecánica de fluidos, física para ingeniería y diseño de elementos de máquinas.

Se desarrolla el diseño del trómel con el objetivo de sustentar la hipótesis de que es posible disminuir la interacción del hombre en la etapa del proceso de tamizado post rayado 1, y además mantener la continuidad del proceso de producción de ovas. Dicho estudio sirve de referencia para el desarrollo de otras variantes del diseño, tanto para su utilización en otras etapas del proceso productivo dentro de la planta, como para su uso en otras industrias.

El primer capítulo inicia con antecedentes investigativos previos de otras industrias tanto nacionales como internacionales, además de artículos científicos, relacionados al procesamiento de materiales particulados; a continuación, se identifica y formula el problema principal, para luego justificar del por qué la implementación del trómel será beneficiosa en esta etapa del proceso. Finalmente se describe el objetivo principal, la hipótesis, se identifican las variables y la metodología a seguir para el desarrollo de la investigación, la cual es experimental y aplicada según el tipo de investigación, cuantitativa en cuanto a enfoque de investigación, deductiva en cuanto a nivel de investigación y experimental de caso único respecto al diseño de la investigación.

El segundo capítulo comprende las bases teóricas, las cuales son necesarias tener presentes para el buen entendimiento del trabajo de investigación, como son el flujo de procesamiento de ovas de pez volador, el concepto de tamizado o cribado, el principio de funcionamiento de un trómel y la metodología aplicada al diseño iterativo. Finalmente, en

el capítulo se definen términos o conceptos que se mencionan a lo largo del trabajo de investigación para un mejor entendimiento del mismo.

En el tercer capítulo se desarrolla el cuerpo de la investigación, partiendo de una metodología de diseño iterativo de elaboración propia, con sustento en base a literatura, para luego definir los parámetros de diseño del trómel, seleccionar los materiales apropiados para la aplicación, realizar un modelo preliminar, realizar análisis estático de cálculo por elementos finitos al tambor y estructura base, y luego de, realizar 3 iteraciones al flujo del material particulado al interior del tambor por el método de elementos discretos, determinar el diseño detallado de la estructura, tambor y sus componentes.

En el cuarto capítulo se muestra una recapitulación de los resultados obtenidos en los distintos análisis computacionales realizados, se discuten los mismos y finalmente se contrasta la hipótesis, quedando esta validada al reducir en gran medida la participación del hombre en esta etapa del proceso.

Finalmente se presentan las conclusiones del estudio y se mencionan algunas recomendaciones para la operación y mantenimiento del equip

CAPITULO I

1. Generalidades

1.1. Antecedentes de la investigación

Araujo & Correa[1] (2020), diseñaron un tamiz rotatorio de arena, con el objetivo de reducir el tiempo de proceso de tamizado para la preparación de moldes de fundición en el curso de procesos de manufactura I, para el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Córdoba en Colombia. Los autores diseñaron un trómel del tipo centrifugo, el cual genera en su interior un movimiento de cascada al rotar por su eje, facilitando así el paso de la arena entre tamices, ya que este cuenta con tamices intercambiables los cuales entregan granulometrías diferentes, siendo estas necesarias para la fabricación de los distintos moldes de fundición. Para diseñar la máquina, los autores aplicaron metodologías de diseño de máquinas para así poder seleccionar los materiales para su fabricación, como son ejes, sistema de transmisión por poleas, chumaceras, pernos, entre otros. Finalmente se realizó un análisis estructural estático de la estructura del trómel, utilizando para ello software CAD/CAE Solidworks, para verificar los esfuerzos a los cuales están sometidos las uniones soldadas, así como para obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Calderón[2] (2020), diseñó un tamiz rotatorio de arena verde de fundición, con el objetivo de optimizar el proceso de tamizado y así aumentar el nivel de producción artesanal de utensilios de aluminio en el caserío Chacupe en Lambayeque. El autor propone incrementar entre un 25% y 67% la producción de arena verde tamizada, dando como resultado una capacidad total de 400 kg/h. El diseño obtenido corresponde a un tamiz rotatorio de 0.75 m de diámetro, 1.2 m de longitud, inclinación de 4.1°, propulsado por un motorreductor de 0.37kW con una velocidad de rotación de 25RPM, parámetros los cuales

[1] Araujo Calderín, C., Correa Echevarría, J. (2020). *"Diseño y construcción de una maquina tamizadora de arena con tambor centrifugo y tamices intercambiables para uso académico en el programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Córdoba".* Tesis de grado. Universidad de Córdoba. Colombia.
[2] Calderón Salcedo, A. (2020). *"Diseño de una máquina cernidora de arena verde para el proceso de fabricación artesanal de utensilios de aluminio en el Caserío de Chacupe - Lambayeque"*. Tesis de grado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo.

fueron obtenidos mediante pruebas experimentales en campo. Además, también se realizó un análisis estático y de fatiga al eje de la máquina mediante software CAD/CAE, dando como resultado un factor de seguridad de 4.65 y un factor de carga mayor a 1, el cual asegura de que dicho componente no fallará por fatiga; asimismo se realizó también análisis estructural a la estructura del trómel, dando como resultado un factor de seguridad de 4.54. Finalmente, el autor presenta el presupuesto total del proyecto y el periodo de retorno de la inversión, dando como tiempo de retorno un plazo de 07 meses.

Sanz[3] (2022), propone el diseño de un sistema de captación y optimización energético para la deshidratación de tortas de gazpacho manchego, con el objetivo de aprovechar el calor proveniente de los gases de escape de un horno de cocción de tortas existente, mediante la instalación de un circuito de conductos, intercambiadores de calor, depósitos de agua, un ventilador y un trómel de secado de tortas, en colaboración con la empresa Natural S.L., empresa ubicada en la ciudad de Yecla en España. El autor se centra principalmente en el diseño del trómel, utilizando para ello una matriz de selección por filtrado, dando como resultado la selección de un trómel de secado indirecto, con flujo de aire caliente paralelo al flujo del producto, con tambor giratorio interno sin perforaciones, con aletas radiales discontinuas a 45°, con transmisión de movimiento directa y con control de velocidad y altura. Finalmente se detallan las especificaciones técnicas, planos y costos de los distintos componentes que conforman el trómel.

Peng[4] et al. (2022), diseñaron un trómel de separación diferencial con el objetivo de resolver los problemas de impurezas contenidos en los insectos y la alta tasa de impurezas de insectos en la separación de la mezcla de arena de mosca negra (BSF). Para ello, los autores examinaron las propiedades mecánicas y físicas de la arena BSF y su modelo de contacto de unión. Además, con la velocidad de rotación del trómel, las púas y la inclinación como factores experimentales, se analizaron sus características de movimiento y se

[3] Sanz Carrión, B. (2022). *"Diseño de un sistema de captación y optimización energético destinado a la deshidratación de tortas de gazpacho".* Tesis de grado. Universidad Politécnica de Valencia. España.
[4] Peng et al. (2022). Design and Experiment of Black Soldier Fly Frass Mixture Separation through a Cylinder Sieve with Different Rotation Speeds. *Applied Sciences, 2022, 12, 10597*. Doi: http://doi.org/10.3390/app122010597

determinaron sus rangos de valores. Luego, el contenido de impurezas en los insectos y la tasa de impurezas de insectos se seleccionaron como indicadores de prueba. Se realizó la prueba de Box-Behnken y los resultados indicaron que los respectivos factores de prueba, el contenido de impurezas y la tasa de insectos, siguieron el siguiente orden de relevancia: velocidad de rotación del trómel, velocidad de rotación de los dientes de las púas y la inclinación del trómel. Finalmente se determinó que a una velocidad de rotación del trómel de 47.37 rpm, la velocidad de los dientes de las púas alcanzaron los 24.16 rpm y un ángulo de inclinación del trómel de 5 grados, parámetros que dieron como resultado un contenido de impurezas del 6% y una tasa de insectos del 1.2%. Los resultados de la prueba de banco indicaron que el contenido de impurezas promedio fue del 5.87% y la tasa de insectos promedio fue del 1.20%.

Wijianto & Wardana[5] (2023), diseñaron un tamiz rotatorio con el objetivo de separar arena en distintos tamaños de grano para el proceso de construcción. Los autores realizaron una encuesta a varios trabajadores de construcción civil y a industrias que utilizan métodos tradicionales de tamizado de arena, encontrándose que dichos métodos son menos efectivos en términos de capacidad y tiempo de trabajo. El tamiz rotatorio está pensado como una herramienta para facilitar el proceso de tamizado de arena, el tambor fue diseñado con 02 tamices, el primer filtro utiliza un tamaño de malla #6 y el segundo filtro utiliza un tamaño de malla #8, esto se hace con la finalidad de producir 03 grados diferentes de arena: arena fina, arena media y grava, la arena fina es utilizada como mezcla de yeso para paredes de hormigón, la arena media para como mezcla para albañilería y la grava es utilizada como mezcla para moldes de cimientos. El sistema de potencia del trómel utiliza un motor de corriente alterna de 1 hp, un reductor con una relación 1:40 el cual transmite el par hacia el eje de la máquina. El trómel está montado sobre una base con la posibilidad de modificar el ángulo de descarga, que para la investigación se realizó con 03

[5] Wijianto, A., Wardana, W. (2023). Rancang Bangun Mesin Pengayak Pasir Sistem Rotary Dengan Tiga Grade Hasil Ayakan. *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan, 4(2), 90-96*. Doi: https://doi.org/10.18196/jqt.v4i2.16155

variaciones del ángulo del tamiz, los cuales fueron de 10°, 15° y 20°. Durante las pruebas se determinó que la capacidad máxima del trómel fue de 30kg. Los mejores resultados se obtuvieron con un ángulo de 10° utilizando arena seca de rio y arena seca de tierra.

Lutuala[6] (2024), propone el diseño de un tamizador de residuos sólidos, los cuales se generan durante el proceso de pelado de papa, que pueda permitir una óptima separación y filtración de residuos orgánicos e inorgánicos. El autor utiliza una matriz de Leopold en el proceso de pelado de papas, con la finalidad de determinar su impacto ambiental, considerando para ello cinco factores clave. Luego para elegir el tipo de tamizador adecuado evalúa tres diferentes tipos de tamizadores, dando como resultado la selección de un tamiz rotatorio, con ello posteriormente se realizó los cálculos necesarios para la selección de los distintos componentes que lo conforman, como son el tambor, la malla, la velocidad de rotación, la potencia del motor, entre otros. Finalmente se realizó el diseño en 3D de la maquina mediante el uso de software CAD, y se generaron también los planos de fabricación tanto mecánicos como eléctricos.

Dattatray & Lal[7] (2024), diseñaron un tamiz rotatorio con el objetivo de tamizar el estiércol descompuesto (FYM) para separar las impurezas indeseables antes de usarlo en la mezcla de tripa, el cual es importante para el cultivo de champiñones. Los autores indicaron que el tamizado convencional de FYM requiere mucho tiempo, es rudimentario y genera mucho trabajo para las personas. Durante la fabricación del trómel se evaluó su rendimiento mediante la realización de 15 ensayos experimentales formulados utilizando la metodología de diseño de superficie de respuesta de Box-Behnken, dando como resultado que la eficiencia máxima del trómel fue del 95.2% y la capacidad de rendimiento fue de 61 cajas/h, valores que fueron estimados con una velocidad de rotación de 33.2 rpm, 9.8% de inclinación del trómel y una apertura de 0.49 pulgadas, con ello se observó que la mano de obra, el tiempo y el trabajo se reducían considerablemente al utilizar el

[6] Lutuala Diaz, D. (2024). *"Diseño de un Tamizador para la Separación de Desechos Sólidos".* Tesis de grado. Universidad Indoamérica. Ecuador.
[7] Dattatray Arjun, A., Lal Attri, B. (2024). Development of Rotary Sieve for Preparation of Casing Soil Required in Mushroom Cultivation. *Current Agriculture Research Journal 2024, 12(2), 967-972*. Doi: http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.12.2.37

trómel en la mezcla de tripa. Finalmente, con estos resultados se determinó que al utilizar el trómel desarrollado se puede preparar el estiércol de granja de tamaño más uniforme requerido para la mezcla de tripa, se puede mover fácilmente de un lugar a otro ya que no es muy pesado, y solo se requiere de un máximo de 03 personas para operarlo. El uso del trómel diseñado ha minimizado considerablemente la cantidad de trabajadores, el tiempo y el trabajo humano pesado, causados en la elaboración del material de tripa requerido para el cultivo de champiñones.

1.2. Identificación y descripción del problema de estudio

El sector pesquero peruano en el 2023 se encontraba en una coyuntura difícil, a pesar de ello, las exportaciones del rubro pesquero no tradicional tuvieron un aumento del 22% entre los meses de enero-agosto, según cifras de la Sunat, asimismo en la primera mitad del año, se presentaron tasas mensuales positivas de crecimiento, sin embargo en el mes de julio se tuvo una caída del 20.8% y en el mes de agosto tuvo un crecimiento leve del 1.5%, lo que permitió mantener un considerable desempeño en el rubro; asimismo destacaron por su crecimiento positivo el calamar y la pota, así como también el jurel entero congelado, los langostinos congelados, el atún en conserva y las ovas de pez volador (Figura 1).

Figura 1
Gráfico de evolución de exportaciones de pesca no tradicional periodo enero-agosto 2017 al 2023.

Fuente: (ComexPerú, 2023).

En los años 2019 y 2020, las principales empresas exportadoras de ovas de pez volador, que representaron el 90% del total del valor de las exportaciones en cada año fueron siete. En el 2020 las empresas con mayores exportaciones fueron: Mega Pesca S.A., Oceano Seafood S.A., Blue Pacifico S.A.C. y El Bosque E.I.R.L. (Tabla 1).

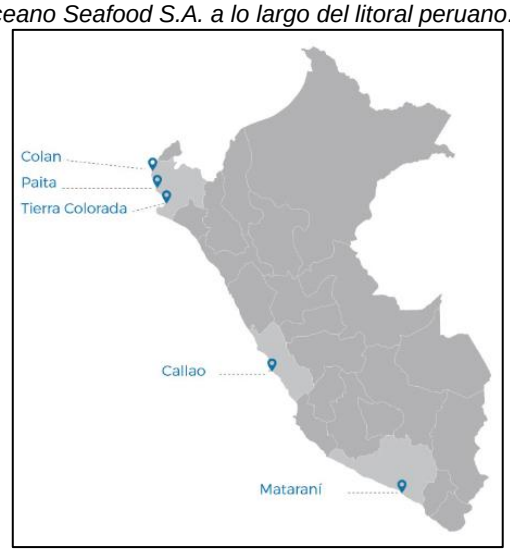
Tabla 1
Principales exportadores (en valor exportado) para los años 2019 y 2020.

Exportador	Participación del valor total 2019 (%)	Participación del valor total 2020 (%)
Blue Pacifico SAC	25%	17%
Mega Pesca SA	19%	19%
Oceano Seafood SA	14%	19%
El Bosque EIRL	15%	18%
Produpesca SAC	5%	9%
Puertos Del Pacifico SA	11%	-
Perupez SAC	3%	4%
Sabanamar Pacifico SAC	1%	6%
Otros	8%	9%
	100%	100%

Fuente: (REDES-SP, 2021)

Oceano Seafood S.A. es una empresa peruana con 27 años de trayectoria en el Perú y en el mercado internacional, se inició en el año 1997 comercializando harina de pescado, en la actualidad cuenta con muelles propios, ubicados estratégicamente cerca de las cinco plantas de procesamiento y terminales internacionales de contenedores de Oceano (Figura 2).

Figura 2
Ubicación de las plantas de Oceano Seafood S.A. a lo largo del litoral peruano.



Fuente: (Seafood, https://osf.pe/, 2023).

Dentro de las actividades de procesamiento que desarrolla Oceano se encuentran la recepción, limpieza, corte, caldera de cocina, condimentado y embalaje; asimismo

cuenta con equipamiento industrial como túneles IQF, ultra congelación estática, placas de congelación, calderas, máquinas de hielo en escamas y molido, peladores, sellador de tapas al vacío, dosificador objetivo y niveladora compacta, entre otros. Cuenta con una capacidad instalada de 236 toneladas métricas por día (TM/dia), una capacidad de congelación de 3250 toneladas métricas (TM) y una capacidad de almacenamiento en frio en las cinco plantas a lo largo del litoral peruano.

Los productos que procesa Oceano son los siguientes: Pota, Mahi Mahi, Langostinos, Ovas de Pez Volador, Erizo, Conchas de Abanico, Merluza y Pejerrey.

Figura 3
Presentaciones de ovas de pez volador.

Fuente: (Seafood, https://osf.pe/, 2023).

Respecto a las ovas de Pez Volador, producto sobre el cual se desarrolla el presente estudio, se tienen dos presentaciones: ovas teñidas en bolsas de 1-5 kg o en bandejas, y ovas color natural, blanco y amarillo con 10% de sal, en cajas y bloques de 10kg.

Dentro del diagrama de flujo con el que cuenta Oceano para el procesamiento de ovas de pez volador, se encuentran los procesos de rayado 1 y 2, lavado y selección para el retiro de impurezas. Estos procesos se realizan con equipos mecánicos eléctricos, accionados por motores eléctricos, y controlados por un tablero eléctrico con variador de frecuencia para regular su velocidad de proceso, sin embargo, para alimentar y descargar los equipos se utilizan medios manuales, por consiguiente, la interacción del hombre es fundamental para el inicio y fin de estas etapas del proceso.

Para la etapa de rayado 1 se utiliza un equipo denominado Maquina rayadora de ovas, el cual consiste en un tambor giratorio que rompe la placenta y membrana que contienen las ovas, para separarlas y posteriormente ser mezcladas con agua para su

descarga hacia la etapa de lavado y selección. Para esta etapa se requiere de 02 operadores fijos, que se encargan de alimentar la maquina con las membranas que contienen las ovas y de retirar las membranas extraídas en el proceso de rayado, así como de 01 operador volante que se encarga del carguío de las jabas hacia la zona (Figura 4).

Figura 4
A la izquierda Maquina Rayadora de ovas. A la derecha Operadores que intervienen en el equipo.

Fuente: Oceano Seafood planta Callao (2023).

A continuación, la siguiente etapa es la de lavado y selección manual de impurezas. Para el lavado, las ovas provenientes del equipo rayador, son descargadas por una tubería hacia una malla metálica, que drena el agua, así como también unos aspersores rocían agua por la parte superior para lavar las ovas que se acumulan en la malla metálica (Figura 5), sin embargo el problema radica en que este proceso de lavado estanca las ovas en la malla metálica y se acumulan por un fenómeno de cohesión entre sí, haciendo intermitente el proceso, debido a que se tiene que esperar que las ovas se acumulen lo suficiente para que caigan por si solas por acción de la gravedad, para pasar a la siguiente etapa del proceso que es la de selección manual de impurezas.

Figura 5
Malla metálica y aspersores de agua para el proceso de lavado post rayado 1.

Fuente: Oceano Seafood planta Callao (2023).

Por consiguiente, para garantizar la continuidad del proceso, 01 operador realiza la operación manual de arrastre de ovas con una paleta (Figura 6), hacia la faja transportadora, en donde se realiza el proceso de selección manual de impurezas, sin embargo, dicho operador es propio de la etapa de selección, por lo que, al estar realizando la actividad de arrastre de ovas en la etapa de lavado, resta capacidad operativa a la etapa de selección.

Figura 6
Operador realizando labor de arrastre manual de ovas hacia faja transportadora.

Fuente: Oceano Seafood planta Callao (2023).

Es por ello que la etapa de lavado requiere de un equipo que transporte las ovas provenientes del equipo rayador, lave las mismas, drene el agua, y descargue sobre la faja transportadora hacia el proceso de selección, de manera continua y sin intervención de un operador, garantizando así la continuidad del proceso y la capacidad operativa de las sub siguientes etapas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal

¿En qué medida la falta de un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador aumentará la interacción del hombre en una etapa del proceso?

1.3.2. Problemas específicos

- **Problema específico 1:** ¿De qué manera identificar las funciones de un tamiz rotatorio permitirá elaborar un modelo preliminar?
- **Problema específico 2:** ¿Cómo el análisis mediante software computacional validará el funcionamiento del modelo propuesto?
- **Problema específico 3:** ¿Por qué al seleccionar una propuesta de diseño óptimo se cumplirá con los requisitos del proceso?

1.4. Justificación e importancia

La implementación del trómel se justifica, debido a que existe la necesidad de automatizar esta etapa del proceso, reduciendo así costos operativos y aumentando la calidad del producto final, al tener toda la capacidad operativa en la etapa de selección de impurezas.

La implementación del trómel es importante, debido a que es un equipo automático que garantiza la continuidad del proceso, además de un correcto lavado y drenado, así como también brindar seguridad a los operadores de la línea de proceso, al ser éste un equipo con protecciones adecuadas para evitar accidentes y/o enfermedades ocupacionales.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador para reducir la interacción del hombre en una etapa del proceso.

1.5.2. Objetivos específicos

- **Objetivo específico 1:** Identificar las funciones del tamiz rotatorio con el fin de elaborar un modelo preliminar.

- **Objetivo específico 2:** Analizar mediante software computacional el modelo propuesto para validar su funcionamiento.
- **Objetivo específico 3:** Seleccionar una propuesta de diseño óptimo de modo que cumpla con los requisitos del proceso.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El diseño de un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador reducirá la interacción del hombre en una etapa del proceso.

1.6.2. Hipótesis especificas

- **Hipótesis específica 1:** La identificación de las funciones del tamiz rotatorio permitirá elaborar un modelo preliminar.
- **Hipótesis específica 2:** El análisis mediante software computacional del modelo propuesto permitirá validar su funcionamiento.
- **Hipótesis específica 3:** La selección de una propuesta de diseño optimo permitirá cumplir con los requisitos del proceso.

1.7. Variables y operacionalización de variables

1.7.1. Variables

- Variable Independiente (VI): Diseño de un tamiz rotatorio
- Variable Dependiente (VD): Interacción del hombre

1.7.2. Operacionalización de variables

Tabla 2
Matriz de operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLE	**DEFINICIÓN CONCEPTUAL**	**DIMENSIÓN**	**INDICADOR**
VARIABLE INDEPENDIENTE **VI**: Diseño de un tamiz rotatorio (Trommel)	Un tamiz rotatorio, trómel se define como un equipo rotatorio que consiste en un tambor cilindrico que gira sobre su eje, rodeado de mallas o planchas perforadas, a travez de las cuales se tamiza el producto	Parámetros de diseño	Velocidad óptima de rotacion (RPM)
			Diámetro (m)
			Flujo másico (TM/h)
VARIABLE DEPENDIENTE **VD**: Interacción del hombre	Se define como la participación del hombre dentro de una etapa del proceso	Capacidad operativa	Horas hombre (h)
			Costo operativo (USD/año)

Fuente: Elaboración propia (2024).

1.8. Metodología de la investigación

1.8.1. Unidades de análisis

El presente estudio es desarrollado en la línea de producción de ovas de pez volador, entre las etapas del proceso de rayado 1, lavado y selección manual, en la planta de la empresa Oceano Seafood, en su sede ubicada en la Provincia Constitucional del Callao.

1.8.2. Tipo, enfoque y nivel de investigación

- **Tipo de investigación:** El tipo de investigación es experimental y aplicada, puesto que tiene como propósito comprobar la hipótesis de reducir la interacción del hombre como consecuencia del diseño del trómel y por su implementación en la línea de producción.
- **Enfoque de investigación:** El trabajo de investigación es de naturaleza cuantitativa, debido a que cumple con seis de las siete características epistemológicas cuantitativas detalladas en la tabla 3; es decir, desde el punto de vista de la percepción de la realidad, es objetiva porque deriva de un modelo experimental al cual se le realizan simulaciones mediante software de ingeniería, desde el punto de vista de razonamiento, es deductivo porque se contrasta la hipótesis, desde el punto de vista de finalidad, el diseño comprueba y confirma la hipótesis, está orientada al resultado, desde el punto de vista del principio de verdad, está centrada en similitudes, porque el diseño desarrollado se basa en modelos semejantes aplicados en otras industrias, desde la perspectiva del investigador, se analiza datos desde adentro porque el diseño se desarrolla considerando los parámetros obtenidos en las simulaciones y desde el punto de vista de causalidad, el modelo considera antecedentes de ensayos previos.

Tabla 3
Características epistemológicas de la investigación.

Características epistemológicas	Investigación cualitativa	Investigación cuantitativa
Percepción de la realidad		Objetiva
Razonamiento		Deductivo Contrasta Hipótesis
Finalidad		Comprobación Confirmación Reducción
Orientada		Al resultado
Principio de verdad		Particulariza Centrada en similitudes
Perpectiva del investigador	Desde dentro	
Causalidad		Antecedente específico

Fuente: (Icart Isern, Fuentelsaz Gallego, & Pulpón Segura, 2000).

- **Nivel de investigación:** El nivel de la investigación es deductivo, ya que para el diseño del trómel se sigue una serie de procedimientos estructurados, partiendo de la premisa del flujo másico de ingreso de ovas de pez volador a la línea de producción, para concluir con las características técnicas del diseño del trómel, como diámetro interior, velocidad optima de rotación, potencia del motor de accionamiento, entre otros.

1.8.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental de caso único, debido a que el diseño del trómel tiene como objetivo principal reducir la interacción del hombre reemplazando el tamiz lavador post rayado 1, el cual para el caso en particular de la planta Callao de la empresa Oceano Seafood, se encuentra instalado en la tubería de descarga del rayador 1, no significando que esta disposición sea igual en todas las líneas de proceso de ovas de pez volador en todas las industrias del sector.

1.8.4. Fuentes de información

La fuente primaria de información proviene de los datos obtenidos en la visita técnica realizada a la empresa Oceano Seafood planta Callao en noviembre del 2023, en donde se realizó una entrevista a los operadores y jefes de la zona de operación del rayador 1, tamiz lavador y faja transportadora de la línea de selección manual.

Como fuente secundaria se tiene una bitácora de campo, en donde se plasmaron dibujos y mediciones de la zona.

1.8.5. Población y muestra

- **Población:** De las 05 plantas de producción con las que cuenta la empresa Oceano Seafood a lo largo del litoral peruano, se analizará únicamente la planta ubicada en el Callao, específicamente en la línea de producción de ovas de pez volador, en las etapas de rayado 1, lavado y selección manual 1.
- **Muestra:** En la planta de producción Callao de Oceano Seafood, se cuenta con 02 máquinas rayadoras de ovas, se utilizará los datos del tamiz lavador post rayado 1.

1.8.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos serán las siguientes: observación estructurada del proceso de tamizado post rayador 1 y entrevista semiestructurada a operadores de la zona de rayado 1 y jefaturas de mantenimiento y producción de la línea de procesamiento de ovas.

Los instrumentos de recolección de datos serán los siguientes: bitácora de campo y formato de entrevista.

1.8.7. Análisis y procesamiento de datos

Los datos recopilados de la investigación serán procesados en Excel, Solidworks para el modelado 3D, Ansys Workbench para el análisis estructural del trómel por el método de elementos finitos (FEM) y Ansys Rocky para el análisis del material particulado al interior del trómel por el método de elementos discretos (DEM).

CAPITULO II

2. Marco teórico y marco conceptual

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Procesamiento de ovas de pez volador

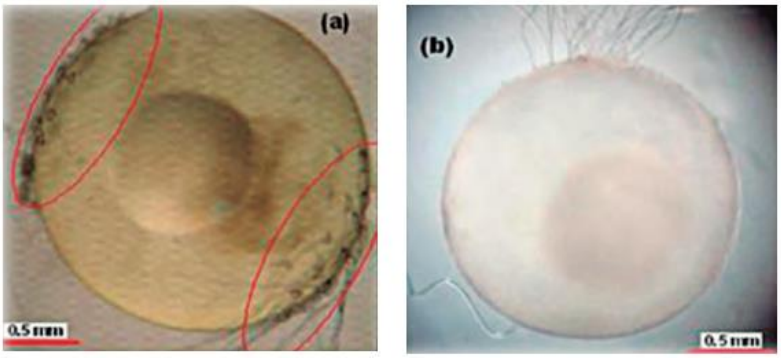
Guardia A., Huamaní S. (2013), muestran las características biológicas pesqueras del Cheilopogon heterurus e Hirundichthys rondeletii (Figura 7) en relación a la recolección de sus ovas en la zona sur de la costa peruana, entre los años 2005 y 2008. Además, indica que la recolección de ovas de Ch. heterurus de 2.1 mm de diámetro (Figura 8), coincide con las temporadas en las que aumenta el desprendimiento de Macrocytis integrifolia, lo que permite a los peces voladores utilizar estas como sustrato para la adhesión de sus huevos. Finalmente menciona que los principales mercados de exportación de ovas de pez volador, entre los años 2004 y 2008, lo conformaban Japón (con más del 30% de participación), Corea del Sur, China y Hong Kong. (p.160)

Figura 7
Características exteriores de ovas de peces voladores.

Características físicas	*Ch. heterurus*	*H. rondeletii*
Diámetro de ovocitos	2,1 ± 0,05 mm	1,8 ± 0,09 mm
Número de filamentos	Polo A = 21± 4,34 Polo B = 33± 6,70	Polo A = 25 ± 4,03 Polo B = 1 ± 0,00
Polarización de filamentos	Ambos polos	Ambos polos
Grosor de los filamentos	12 ± 2,35 µm	10 ± 0,00 µm

Fuente: Informe IMARPE;Vol. 40 N° 3-4.

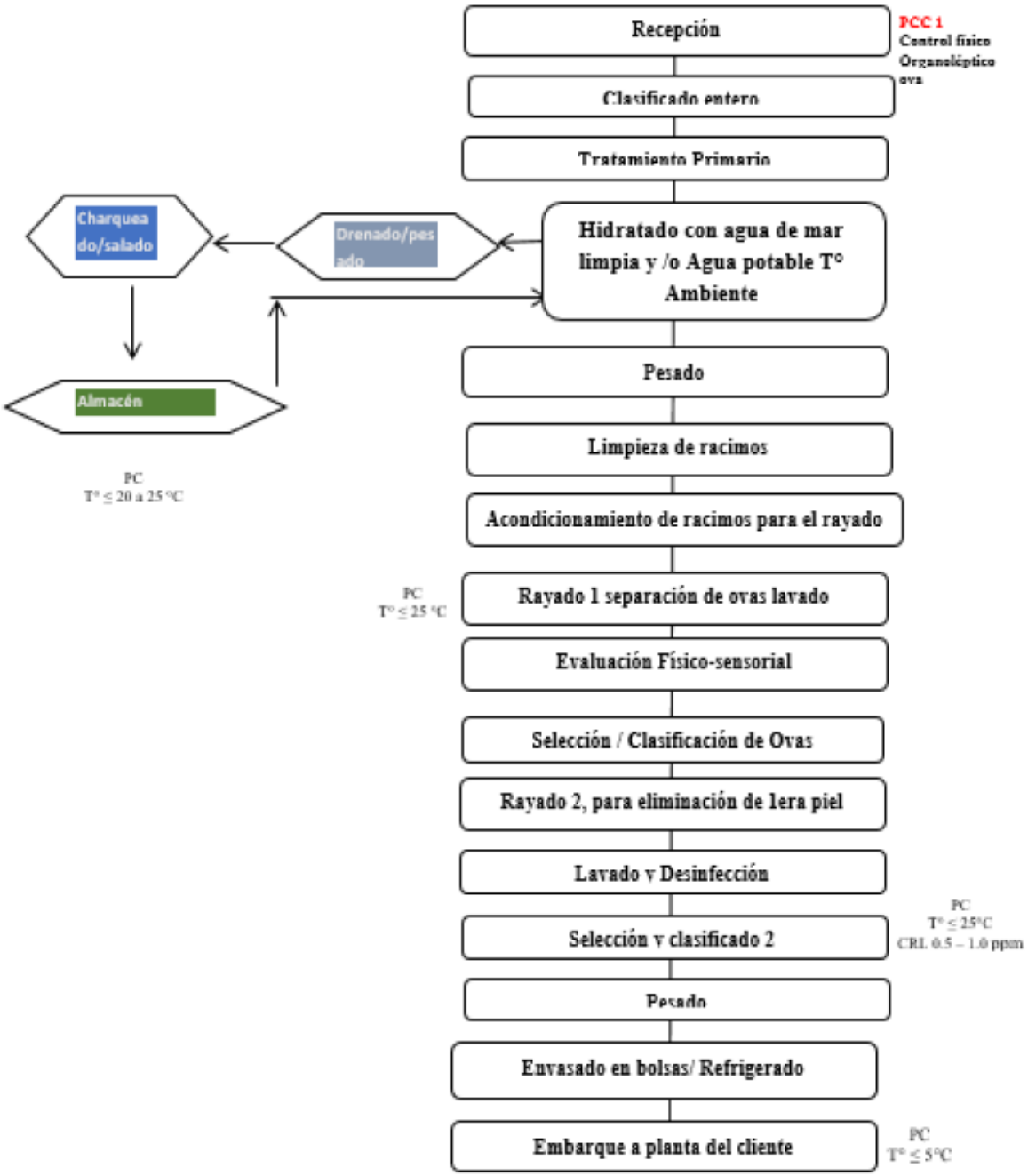
Figura 8
Fotografías de ovas de (a) Ch heterurus, (b) H. rondeletii.



Fuente: Informe IMARPE;Vol. 40 N° 3-4.

- **Descripción del proceso:**

Figura 9
Diagrama de flujo de proceso de ovas de pez volador.



Fuente: (Vargas Orosco, 2020).

➢ ***Recepción:*** La materia prima es recepcionada en el muelle y/o planta, y antes del inicio de la descarga, el jefe de área de control (JAC) procede a verificar la guía de remisión, comprueba que los sacos con las ovas estén correctamente hidratados, y que la temperatura de la materia prima sea menor a 25 °C, luego de ello procede a realizar una evaluación físico-sensorial a fin de determinar el grado de calidad del producto. Para tal fin, se realiza un muestreo al azar, los resultados de la calidad de las Ovas serán reportados al Gerente de Producción, a fin de decidir la aceptación y/o rechazo de la materia prima. Si las pruebas organolépticas revelan que la materia prima no es apta, se realizan los trámites necesarios para que el producto rechazado sea retirado del establecimiento (Figura 10).

La materia prima aceptada ingresa en sacos de polipropileno a planta donde es hidratada, escurrida y/o drenada, pesada, y si es una cantidad adecuada se inicia el proceso, de lo contrario se procede a salazonarla adecuadamente, abriendo los racimos, para asegurar el ingreso de la sal completamente en cada uno, luego se envasa en sacos de polipropileno de 50 kg. y se colocan en parihuelas de PVC, se refrigera con hielo molido o en escamas en cámara chica y/o en dinos isotérmicos con hielo molido o en escamas; donde se almacena por un espacio de tiempo que permita acumular materia prima, para reiniciar el proceso, hasta el rayado.

Figura 10
Criterios de rechazo de materia prima.

Limites criticos	
T° de Recepción:	< 25 ° C (Ambiente)
Ausencia de combustibles o lubricantes.	
Desviaciones en el proceso	
Defecto	: Descomposición
Causa	: Alta temperatura de materia prima
Acción Correctiva	: Rechazar el lote.
Defecto	: Contaminación por tóxicos o cuerpos extraños
Causa	: Presencia de combustibles y/o lubricantes
Acción Correctiva	: Rechazar el lote

Fuente: (Vargas Orosco, 2020).

- ***Clasificado entero:*** Para el caso del proceso de ova entera de pez volador, se realiza una clasificación de acuerdo a diferentes cualidades físicas para lograr una mejor presentación del producto.
- ***Tratamiento primario:*** En esta etapa del proceso, se evalúa físicamente los distintos componentes de la materia prima para su uso.
- ***Hidratado:*** En esta etapa del proceso, se hidratan los racimos con las ovas por un lapso de 2 a 4 horas, tiempo en el cual se evalúa constantemente para lograr una correcta hidratación. Finalmente se colocan los racimos de ovas en dinos con agua para luego pasar a la siguiente etapa del proceso.
- ***Pesado:*** Luego del proceso de hidratación, se realiza el drenado del agua excedente de los racimos de ovas, para luego proceder a pesarlos, recolectar datos para el proceso y finalmente realizar el pago de los honorarios a los pescadores.
- ***Limpieza de racimos:*** Luego del pesado, ingresan los racimos de ovas a la planta de procesamiento, en donde son lavados y reservados para su posterior etapa.
- ***Acondicionamiento:*** Con los racimos de ovas ya limpios, son colocados en jabas y transportados hacia la zona de rayado.
- ***Rayado 1:*** Ya en la zona, los racimos de ovas son ingresados manualmente a la máquina rayadora de ovas, en donde las membranas son separadas de las ovas, siendo las membranas acumuladas y desechadas, y las ovas mezcladas con agua para ser descargadas a la siguiente etapa.
- ***Lavado:*** Las ovas descargadas de la maquina rayadora, son drenadas y tamizadas, a su vez que son rociadas con agua a presión para ser lavados y pasar a la siguiente etapa del proceso.
- ***Evaluación físico sensorial (selección y clasificación):*** Las ovas recién lavadas son trasladadas a una faja transportadora, en donde manualmente son seleccionadas y se eliminan las ovas fecundadas con punto negro o que presenten decoloración.

- ***Rayado 2:*** Luego del proceso de selección, las ovas pasan a un segundo proceso de rayado, hacia una segunda máquina rayadora de ovas, en donde se les retira la primera piel, para así obtener un producto con una mejor presentación.
- ***Lavado y desinfección:*** En esta etapa se realiza el lavado de las ovas utilizando agua con cloro con una concentración de 0.5 a 1 ppm, luego son dispuestas en jabas para la siguiente etapa.
- ***Selección y clasificado 2:*** En esta etapa las ovas lavadas son dispuestas en una faja transportadora y se realiza una segunda selección manual para retirar las impurezas que aun estén presentes.
- ***Pesado:*** Finalmente, las ovas son pesadas para determinar la cantidad de producto que salen de las líneas de producción.
- ***Envasado en bolsas:*** Las ovas son envasadas en bolsas según la presentación que requiera el cliente.
- ***Refrigerado:*** Las ovas envasadas pasan finalmente a ser refrigeradas con hielo a una temperatura menor a 5°C.
- ***Distribución al cliente:*** Finalmente, el producto final es cargado en camiones frigoríficos y distribuido al cliente según la cantidad y presentación solicitada por cada uno de ellos.

2.1.2. Tamizado o cribado

El cribado se define como la clasificación por tamaño de los fragmentos de un material, por lo general aquellos que tienen un tamaño mayor a 2 mm. Estos fragmentos presentan diversas dimensiones y formas. Son sometidos a una superficie con orificios, conocida como superficie de cribado, que permite el paso de los fragmentos más pequeños que los orificios (llamados pasantes) y retiene o rechaza aquellos con un tamaño mayor (rechazo). (Yepes Piqueras, 2023)

El cribado separa los fragmentos más gruesos, ya sea para eliminarlos o para someterlos a un proceso de fragmentación adicional, en comparación con los fragmentos que tienen el tamaño requerido. Asimismo, elimina los elementos más finos, como las

arcillas o los elementos coloidales (este proceso se conoce como deslamado). (Yepes Piqueras, 2023)

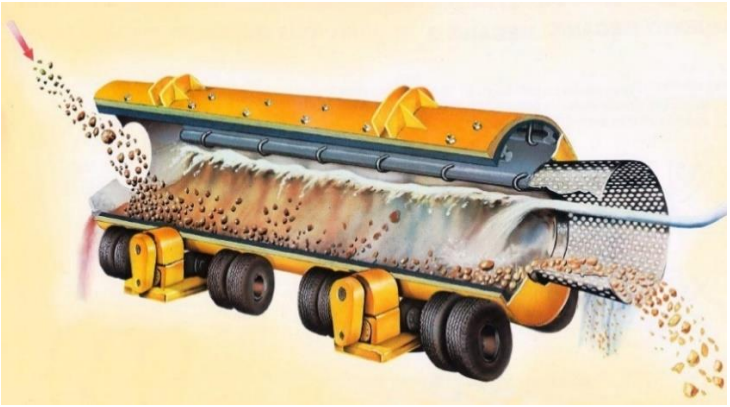
Los métodos de cribado más comunes utilizan mallas de alambre metálico y planchas metálicas perforadas con agujeros circulares. Las máquinas más empleadas son el trómel o criba rotativa y el tamiz o criba plana. Además, el cribado se puede realizar en seco o en húmedo. (Yepes Piqueras, 2023)

En el caso del cribado en seco, el material ingresa al cribado tal como se obtiene, pero presenta la desventaja de que cuando contiene cierta humedad, los agujeros se obstruyen fácilmente, especialmente con los fragmentos más pequeños, como en el caso de la arena. El secado del material es costoso económicamente. Por otro lado, el cribado en húmedo evita la obstrucción de los agujeros y, al mismo tiempo, permite el lavado del material, lo que resulta más ventajoso, aunque implica un mayor costo de instalación y la necesidad de un proceso adicional para la recuperación de los fragmentos más pequeños. (Yepes Piqueras, 2023)

2.1.3. Trómel

Las cribadoras tipo trómel son tambores rotatorios conformados por planchas perforadas curvas o paneles de malla instalados dentro de un cilindro que gira alrededor de su eje central o a través de un tren de rodillos, de entre 4 y 24 rodillos, de los cuales la mitad son motrices. Trabajan en vía seca como también en vía húmeda, aunque por lo general se utilizan como trómeles lavadores. (Figura 11)

Figura 11
Trómel lavador de áridos.

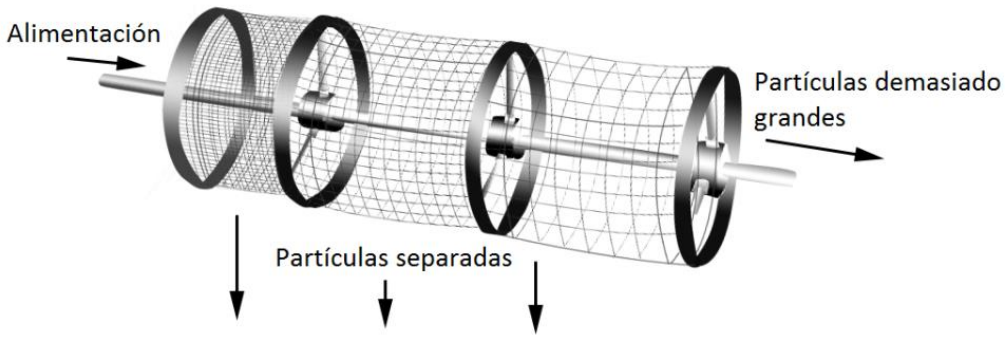


Fuente: https://minerales-maquinaria.com/tromer-lavador-de-aridos-y-minerales/

La rotación mejora la separación del material, logrando así una función de lavado. El material rechazado es transportado por el tambor hasta que se descarga por el lado opuesto del equipo. Para favorecer el movimiento del material en su interior, el tambor esta inclinado de 5º a 7º sobre la horizontal y en su interior cuenta con deflectores que empujan y voltean el material. La limpieza de los orificios se realiza permitiendo la caída del grano atascado a su paso por la parte superior de su recorrido, donde la gravedad permite que las partículas caigan con ayuda de las vibraciones que acompañan el movimiento. (Yepes Piqueras, 2023)

El tambor gira de 30 % a 45 % su velocidad crítica, evitando el centrifugado, siendo la velocidad periférica de 40 a 50 r.p.m. La capacidad de transporte se puede aproximar al valor de $32 \cdot D_i^2$ (m³/h), donde D_i es el diámetro interior del tambor expresado en metros. Estas cribas suministran el material clasificado por tamaños, empezando por la partícula más pequeña y terminando con la más grande. Es por ello que los diámetros de las cribas van de menor a mayor (Figura 12). Las partículas más pequeñas se descargan a través de las paredes del cilindro. (Yepes Piqueras, 2023)

Figura 12
Trómel de cribado.

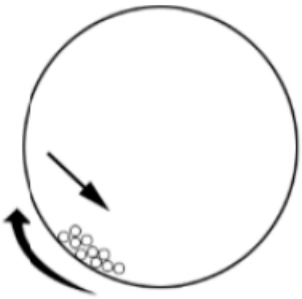


Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Trommel_screen

- **Velocidad de rotación:** Con distintas velocidades de rotación, el efecto de la eficiencia de detección y tasa de producción varía de acuerdo con diferentes tipos de mecanismos de movimiento. Estos mecanismos incluyen la caída, el efecto catarata y centrifugado. (Rodríguez García, 2016)

➢ ***Caída o hundimiento:*** Sucede cuando la velocidad de rotación del tambor es baja. Las partículas se elevan ligeramente de la parte inferior del tambor antes de caer hacia abajo en la superficie libre (Figura 13). Los gránulos de tamaño más pequeños que el filtro y que están cerca de la pared del cuerpo trómel son capaces de ser controlados, esto resulta en una eficiencia de cribado inferior. (Rodríguez García, 2016)

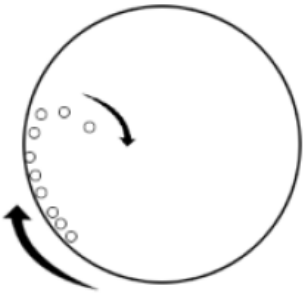
Figura 13
El hundimiento de movimiento en un tambor rotatorio.



Fuente: (Rodríguez García, 2016).

➢ ***El efecto catarata:*** A medida que aumenta la velocidad de rotación hay una caída de transiciones a efecto catarata, con un movimiento donde las partículas se separan en la parte superior del tambor giratorio (Figura 14). Los gránulos más grandes segregan cerca de la superficie interior, mientras que los gránulos más pequeños se quedan cerca de la superficie de la pantalla, lo que permite que pasen mayor cantidad de pequeños gránulos de filtro. Este movimiento genera un flujo turbulento de las partículas, lo que resulta en una mayor eficiencia de detección en comparación con caída. (Rodríguez García, 2016)

Figura 14
El hundimiento de movimiento en un tambor rotatorio.

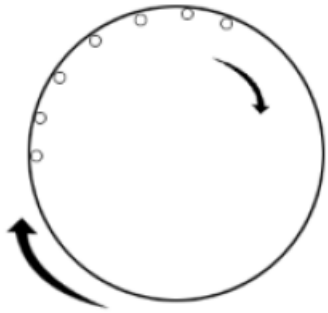


Fuente: (Rodríguez García, 2016).

➢ ***Centrifugación:*** Como la velocidad de rotación se incrementa más, el movimiento efecto catarata pasará a movimiento de centrifugación que resultará en una eficiencia de

cribado inferior. Esto es debido a que las partículas se fijan a la pared del tambor giratorio causado por las fuerzas centrífugas (Figura 15). (Rodríguez García, 2016)

Figura 15
La centrifugación de movimiento en el tambor rotatorio.



Fuente: (Rodríguez García, 2016).

- ***Velocidad crítica:*** Es la velocidad en la que los materiales se centrifugan o se pegan a la superficie de cribado, es decir la velocidad máxima. Esta misma velocidad de rotación del cilindro está en función de la velocidad crítica. Se emplea la siguiente ecuación: (Gieck & Gieck, 2004)

$$n_c = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{r}} \qquad \ldots (1)$$

Donde

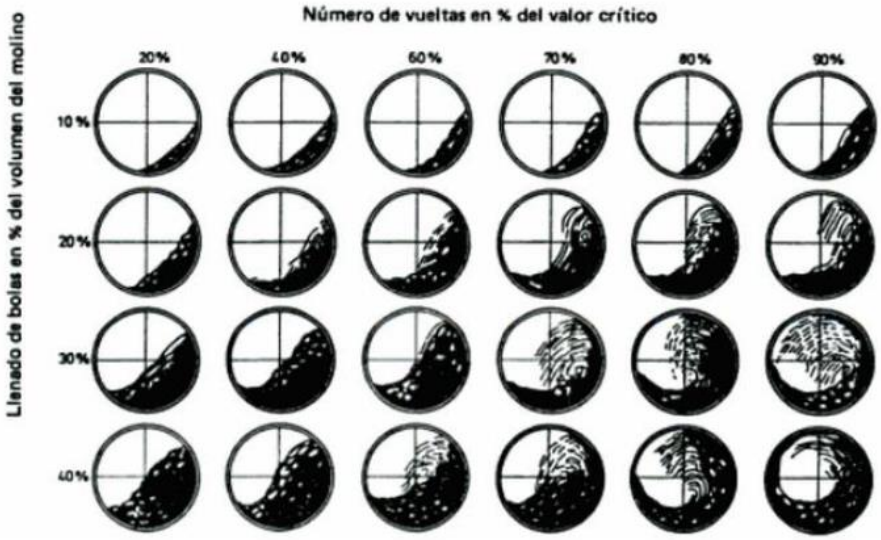
$n_c = Velocidad\ crítica\ (rpm)$

$g = Aceleración\ de\ la\ gravedad\ (m/s^2)$

$r = Radio\ (m)$

- ***Velocidad óptima:*** Una vez calculada la velocidad crítica, se calcula la velocidad óptima, la cual proporciona una mejor eficiencia de cribado. Ocurre cuando el material se voltea con un movimiento de catarata, se eleva parcialmente por la pared interior del tambor y luego cae sobre sí mismo. En la Figura 16 se muestra el número de vueltas en porcentaje del valor crítico versus el volumen de llenado del tambor cribador.

Figura 16
Diagrama de movimiento de materia orgánica al interior del tambor cribador.



Fuente: (Alvarez Velasco, 2013).

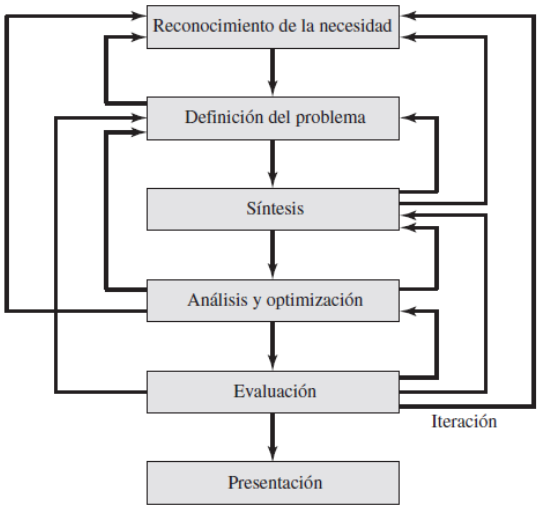
2.1.4. Diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad especifica o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012)

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones, que en ocasiones deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012)

- **Fases e interacciones del proceso de diseño:** El proceso de diseño completo, de principio a fin, que a menudo se representa como se muestra en la figura 17, comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de resolverla, después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacerla. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases se repiten durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación. (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012)

Figura 17
Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones.



Fuente: (G. Budynas & Keith Nisbett, 2012).

2.2. Marco conceptual: Definición de términos o conceptos

2.2.1. Ovas de pez volador

Huevo o huevera obtenido del pez volador, el cual desova de noviembre a marzo, y es capturado en la zona Pacifico Sudoriental FAO 87. Para su recolección los pecadores utilizan estructuras flotantes que el pez utiliza como sustrato para depositar los huevos. Se le conoce también como Tobiko.

2.2.2. Racimo

Conjunto de capullos o membranas que contienen las ovas del pez volador. Es la materia prima que recolectan los pescadores.

2.2.3. Tamiz o criba

Placa metálica curvada con agujeros que se utiliza para separar el agua de las ovas del pez volador.

2.2.4. Tambor rotatorio o tamiz rotatorio

Estructura cilíndrica dentro del cual se instalan en su periferia los tamices o cribas que conforman el trómel.

2.2.5. Helicoide de arrastre

Sólido generado por el movimiento helicoidal de una platina metálica, el cual es utilizado para transportar un material desde un punto A hacia un punto B, cuando es instalado y fijado al interior de un cilindro, y este a su vez gira alrededor de su eje.

2.2.6. Rayador

Equipo mecánico eléctrico, provisto de un motor eléctrico, una faja, poleas, un tambor y cuchillas soldadas en su interior, que es utilizado para romper las membranas que contienen las ovas del pez volador y separarlas para su proceso.

2.2.7. Pallet

Plataforma horizontal de plástico que se utiliza como medio de almacenamiento y transporte para las jabas que contienen las ovas. Tienen una medida estándar de 1.2 x 1.0 m y pueden contener 1 tonelada o más de producto.

2.2.8. Jaba

Depósito de plástico de forma paralelepípeda en el cual se almacena la mezcla de ovas y agua a ser procesadas en alguna etapa del proceso.

2.2.9. FEM

Siglas en ingles de análisis por el método de elementos finitos, que simula mediante software computacional, como se comportará un cuerpo cuando este es sometido a fuerzas externas.

2.2.10. DEM

Siglas en ingles de análisis por el método de elementos discretos, que simula mediante software computacional, como se comportará una partícula en un medio granular, cuando estas colisionan entre sí mismas y con el medio que las contienen, para visualizar su trayectoria.

CAPITULO III

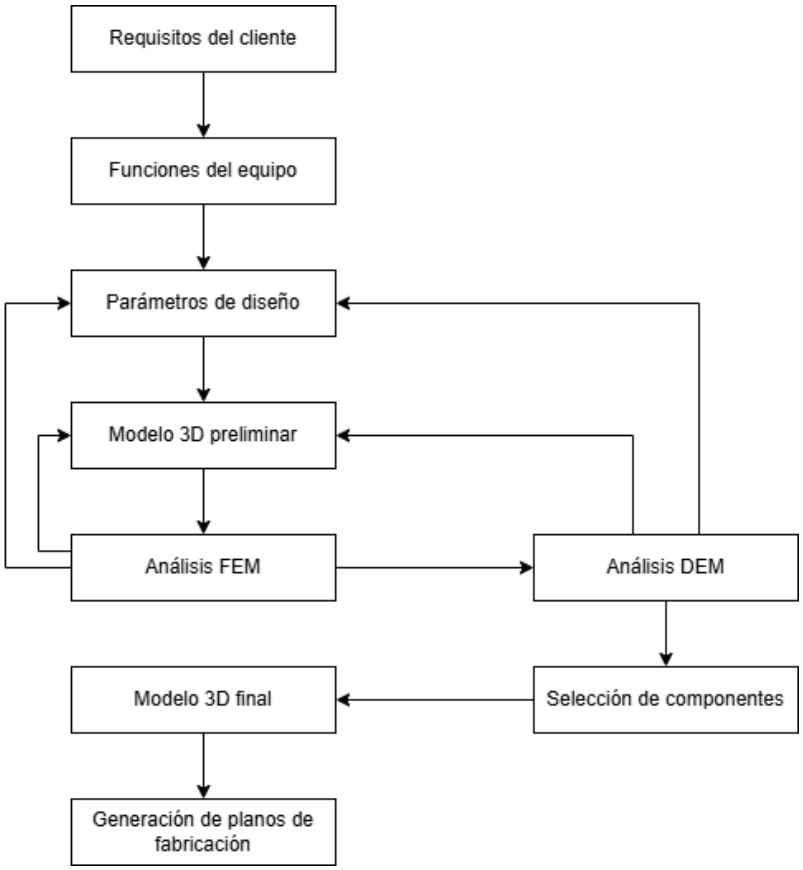
3. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1. Diseño

3.1.1. Metodología de diseño

Se realizará un proceso iterativo partiendo de la necesidad del cliente, para luego definir los parámetros de diseño, realizar un modelo preliminar según el espacio disponible, analizar dicho modelo, seleccionar los componentes según el diseño optimo y finalmente realizar el modelo final con sus respectivos planos de fabricación.

Figura 18
Diagrama del proceso metodológico del diseño.



Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Requisitos del cliente:** El equipo debe realizar la función de trasladar y drenar las ovas desde la boquilla de descarga de la máquina ralladora 1 hacia la faja transportadora del proceso de selección manual, asimismo en su trayecto las ovas deben ser lavadas con agua, y finalmente el equipo también debe de poder tamizar las ovas de tal manera que las de menor diámetro sean rechazadas. El equipo además debe ser seguro para su operación

y mantenimiento, y debe solo requerir la participación de un operador para las labores de puesta en marcha y parada del equipo en cada turno que corresponda, así como también para los mantenimientos rutinarios.

- **Funciones del equipo:** Transportar, tamizar, drenar y lavar las ovas, además de ser auto limpiante.

3.1.2. Parámetros de diseño

- **Material a tamizar:** Mezcla de agua y ovas de pez volador.
- **Tamaño de las partículas:** En la figura 7 se aprecia que el diámetro de las ovas oscila entre 1.8 mm y 2.1 mm.
- **Tipo de trómel:** Cilíndrico horizontal, con un helicoide de arrastre en su interior.
- **Dimensiones generales:** Diámetro del trómel de 0.4 m y longitud de 0.8 m, según el espacio disponible, además de helicoide de arrastre de 0.2 m de paso en su interior.
- **Flujo másico de la planta:** De los datos obtenidos de la visita técnica, se tiene que se procesan al día un total de 35 pallets, cada uno de ellos contiene un total de 15 jabas y caja jaba contiene una mezcla de ovas y agua de 25kg. Para el cálculo asumiremos que cada jaba contiene un 100% de su volumen útil en ovas y que se realizan jornadas laborales de 8 h diarias, por lo que el flujo másico de procesamiento de ovas de la planta será:

$$\dot{m}_p = \frac{35\ pallets}{dia} \times \frac{15\ jabas}{pallet} \times \frac{25\ kg}{jaba} = 13125\ \frac{kg}{dia}$$

$$\dot{m}_p = \frac{13125\ kg}{dia} \times \frac{1\ dia}{8\ h} \times \frac{1\ h}{3600\ s} = 0.46\ \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_p = 0.46\frac{kg}{s} <> 1.64\frac{TM}{h} \qquad \ldots (2)$$

Donde

$\dot{m}_p = flujo\ másico\ de\ procesamiento\ de\ la\ planta$

Por lo tanto, la capacidad del trómel deberá ser superior a 0.46 kg/s para cumplir con el flujo de procesamiento de la planta.

- **Flujo másico del modelo:** De lo anterior mencionado, calculamos ahora el flujo másico del modelo seleccionado según las dimensiones del trómel propuestas. Se tiene que:

$$\dot{m}_m = \rho \times A_E \times v \qquad \ldots (3)$$

Donde

$\dot{m}_m = flujo\ másico\ del\ modelo\ (kg/s)$

$\rho = densidad\ del\ material\ a\ tamizar\ (kg/m^3)$

$A_E = área\ transversar\ efectiva\ del\ trómel\ por\ donde\ pasa\ el\ material\ (m^2)$

$v = velocidad\ de\ avance\ del\ material\ (m/s)$

Ahora, sabemos que el material en su avance a través del trómel, no ocupa toda el área transversal de la sección cilíndrica del tambor, sino que solo un porcentaje de dicha área es utilizado para el proceso. Por lo tanto, se tiene:

$$A_E = A_T \times P_E$$

$$A_E = \frac{\pi \times D^2}{4} \times P_E \qquad \ldots (4)$$

Donde

$A_T = área\ transversal\ del\ tambor\ (m^2)$

$P_E = porcentaje\ efectivo\ utilizado\ (\%)$

$D = diámetro\ interior\ del\ trómel\ (m)$

Para el cálculo de la velocidad de avance del material utilizaremos la velocidad de avance de un transportador helicoidal, debido a que al interior del tambor tenemos un helicoide de arrastre que determinará el avance del material a lo largo del trómel. Por lo tanto, se tiene:

$$v = \frac{n_o \times p}{60} \qquad \ldots (5)$$

Donde

$v = velocidad\ de\ avance\ del\ material\ (m/s)$

$n_o = velocidad\ óptima\ de\ rotacion\ del\ trómel\ (rpm)$

$p = paso\ del\ helicoide\ (m)$

Reemplazamos las ecuaciones (4) y (5) en la ecuación (3), con lo cual obtenemos:

$$\dot{m}_m = \frac{\rho \times A_T \times P_E \times n_o \times p}{60}$$

$$\dot{m}_m = \frac{\rho \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \times P_E \times n_o \times p}{60}$$

$$\dot{m}_m = \frac{\rho \times \pi \times D^2 \times P_E \times n_o \times p}{240} \qquad \ldots (6)$$

Ahora, para el cálculo de la velocidad de rotación del trómel, recurrimos al concepto de velocidad crítica que viene a estar dada por la ecuación (1). Reemplazando valores obtenemos:

$$n_c = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{9.81}{0.2}}$$

$$n_c = 66.9\ rpm \qquad \ldots (7)$$

Según la figura 16, para 10% del volumen del trómel utilizado, la velocidad óptima de rotación n_o será el 90% de la velocidad crítica. Reemplazando obtenemos:

$$n_o = 66.9\ rpm\ x\ 90\%$$

$$n_o = 60.2\ rpm \qquad \ldots (8)$$

Finalmente, reemplazamos los valores obtenidos en la ecuación (6), con lo cual obtenemos el flujo másico del modelo propuesto:

$$\dot{m}_m = \frac{950 \times \pi \times 0.4^2 \times 10\% \times 60.2 \times 0.2}{240}$$

$$\dot{m}_m = 2.40\ \frac{kg}{s} \qquad \ldots (9)$$

Teóricamente según lo calculado, al ser $\dot{m}_m \gg \dot{m}_p$, el modelo propuesto cumple con creces el flujo másico de la planta, sin embargo, esta es una primera iteración del modelo, el cual será validado a continuación por FEM y DEM.

3.1.3. Selección de materiales

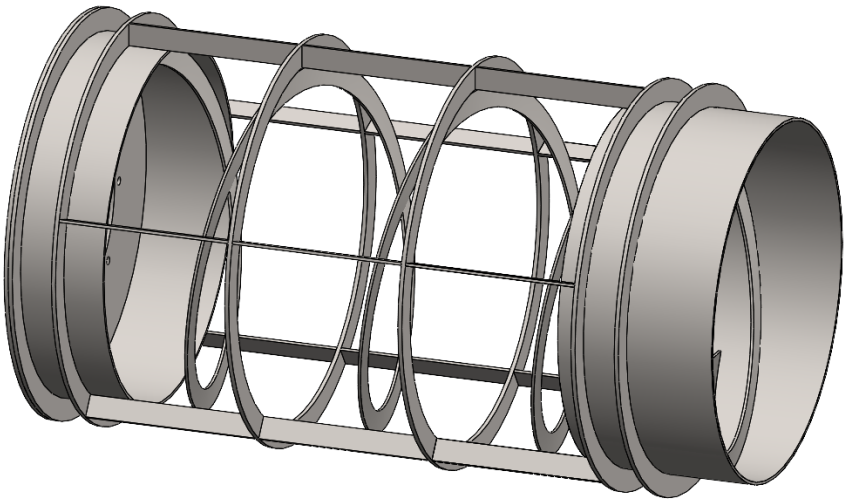
- **Normas utilizadas:** ASTM A240, AWS D1.6, ISO 14120.

- **Material para el tambor:** Será fabricado en AISI 304, de 3 mm de espesor de plancha para el cuerpo y de 4.5 mm de espesor de plancha para los anillos y refuerzos.
- **Material para el tamiz:** Será fabricado en AISI 304, de 3 mm de espesor de plancha.
- **Material para los componentes del sistema de transmisión:** Ejes fabricados en SAE 1045, polea motriz y polea conducida en duraluminio, y rodillos guía en nylon 6sa.
- **Material de la estructura base:** Fabricada en AISI 304, con perfiles cuadrados de 50x2 mm y 25x1.5 mm.
- **Material de las guardas:** Serán fabricadas en AISI 304 de 1 mm de espesor de plancha.

3.1.4. Modelo preliminar

- **Estructura del tambor:** De acuerdo a lo mencionado seleccionamos un tambor de diámetro 0.4 m y una longitud de 0.8 m, asimismo incluiremos un helicoide de arrastre de paso constante de 0.8 m de altura y 0.2 m de paso en su interior; además, el tambor esta provisto de 5 anillos de refuerzo y 5 platinas soldadas radialmente y distribuidas en una matriz circular de igual separación, como se muestra en la figura 19.

Figura 19
Estructura del tambor del trómel.

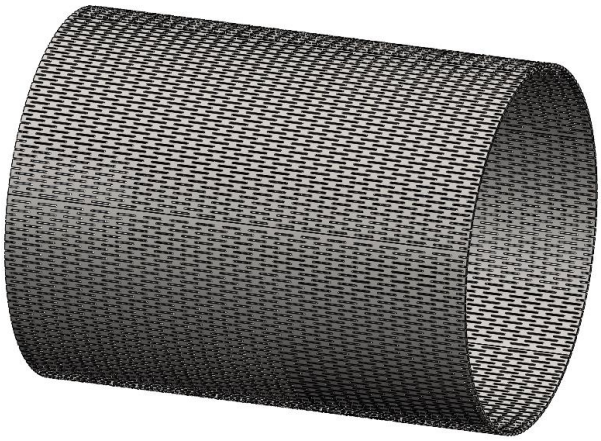


Fuente: Elaboración propia (2024).

- **Geometría del tamiz:** Utilizaremos un tamiz cilíndrico generado por el rolado de una placa perforada (figura 20), cuyo patrón de perforaciones es similar al tamiz plano

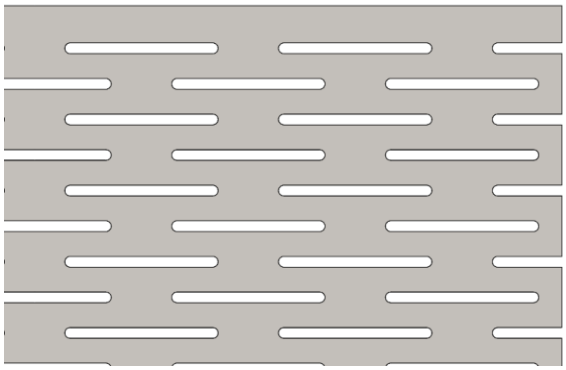
estático instalado en la planta (figura 21), realizándole modificaciones en cuando a dimensiones de las perforaciones y separaciones entre sí.

Figura 20
Geometría del tamiz.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura 21
Geometría y distribución de perforaciones del tamiz.

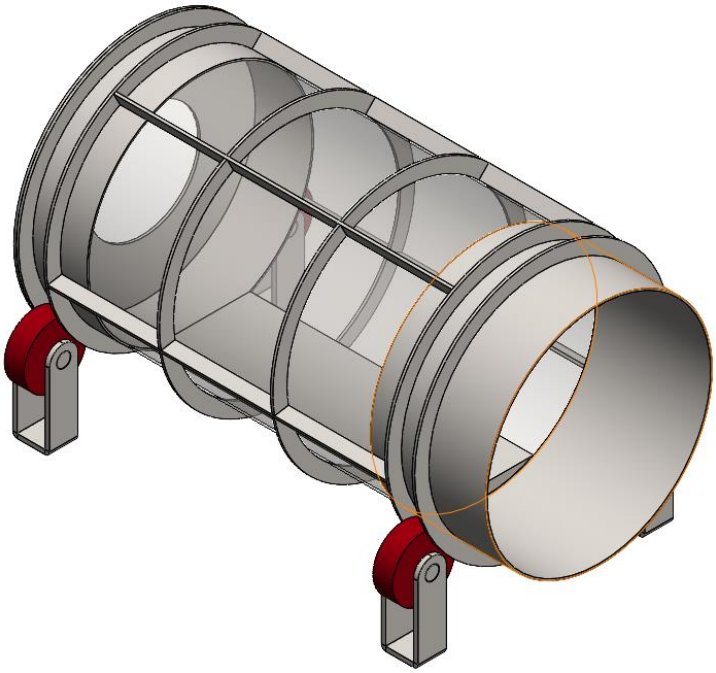


Fuente: Elaboración propia (2024).

3.1.5. Análisis FEM

- **Topología del modelo para análisis:** Se considera la estructura según el modelo preliminar eliminando el helicoide de arrastre, luego el tamiz será reemplazado por un cilindro de las mismas dimensiones, pero sin perforaciones, asimismo, se elimina los agujeros para pernos de la tapa posterior del trómel, y finalmente se colocan los rodillos guía en su posición en contacto con el tambor. Cabe resaltar que la superficie de contacto entre los rodillos y el tambor generan una geometría de espesor cero, por lo que, para el análisis, realizaremos una ligera modificación en los rodillos para así tener un área de contacto mayor.

Figura 22
Topología del modelo para análisis FEM.



Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Estados de carga:**

➢ ***Carga muerta (CM):*** Corresponde al peso propio del modelo, el cual es tomado automáticamente por el programa al asignar la aceleración de la gravedad.

➢ ***Carga viva (CV):*** Corresponde a toda carga exterior a la cual es sometida el modelo, para nuestro caso, tenemos dos fuerzas: peso de las ovas al interior del tambor, y fuerza de tensión de la correa en la polea conducida del sistema de transmisión del trómel. Para el análisis, tomaremos el flujo masico del modelo según la ecuación (9). Entonces, tenemos:

$$t_r = \frac{L}{v} \qquad \ldots (10)$$

Donde

$t_r = tiempo\ de\ residencia\ de\ las\ ovas\ al\ interior\ del\ trómel\ (s)$

$L = longitud\ del\ trómel\ (m)$

$v = velocidad\ de\ avance\ del\ material\ (m/s)$

$$t_r = \frac{0.8\ m}{0.2\ {}^{m}/_{s}} = 4\ s$$

$$F_w = \dot{m}_m \times t_r \times g \qquad \ldots (11)$$

$$F_w = 2.4 \times 4 \times 9.81 = 94.18\ N \approx 100\ N \qquad \ldots (12)$$

$$Asuminos\ F_T = 140\ N \qquad \ldots (13)$$

Donde

$F_w = peso\ total\ de\ ovas\ al\ interior\ del\ tambor$

$F_T = fuerza\ de\ tensión\ de\ la\ correa$

$g = aceleración\ de\ la\ gravedad\ (9.81\ m/s^2)$

- **Información del modelo y malla:**

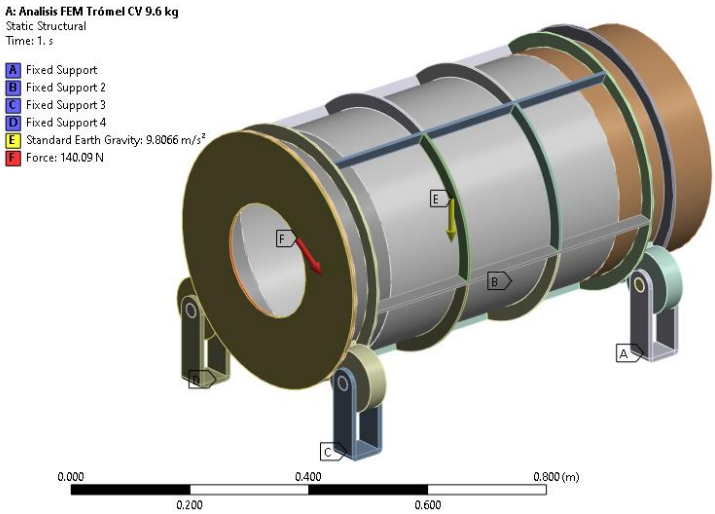
Tabla 4
Propiedades del análisis.

Sistema de unidades	Métrico (MKS)
Esfuerzo	Pa (N/m^2)
Desplazamiento	mm
Masa	56.91 kg
Volumen	7960.79 cm^3
Densidad	7954 kg/m^3
Tipo de malla	Malla sólida
Número total de nodos	421207
Número total de elementos	60892

Fuente: Elaboración propia (2025).

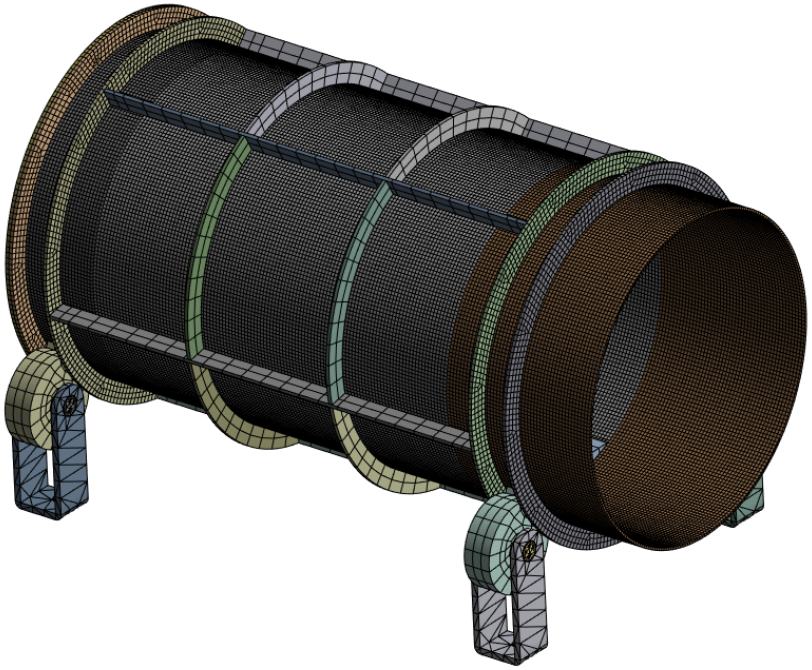
- **Análisis estático:**

Figura 23
Restricciones fijas y cargas del modelo.



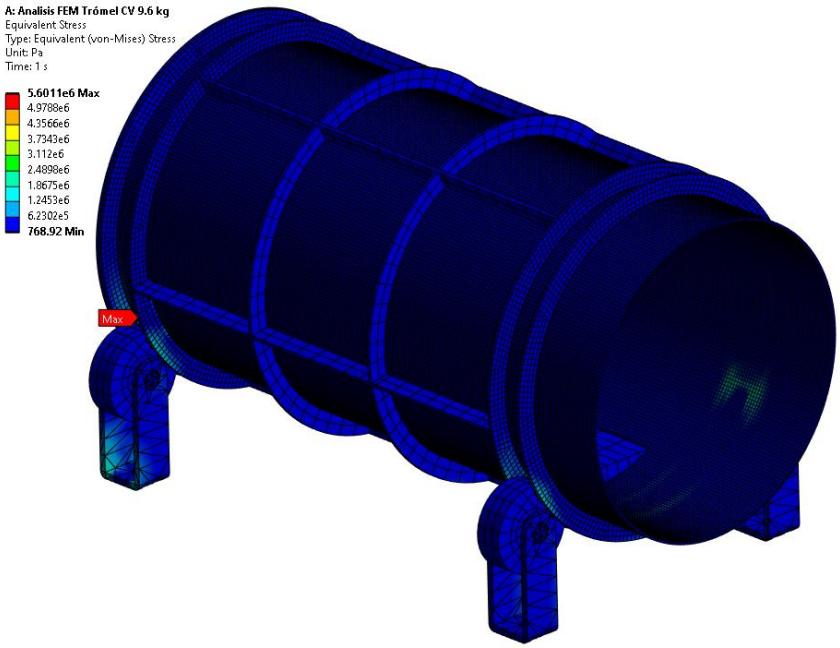
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 24
Vista de mallado del modelo.



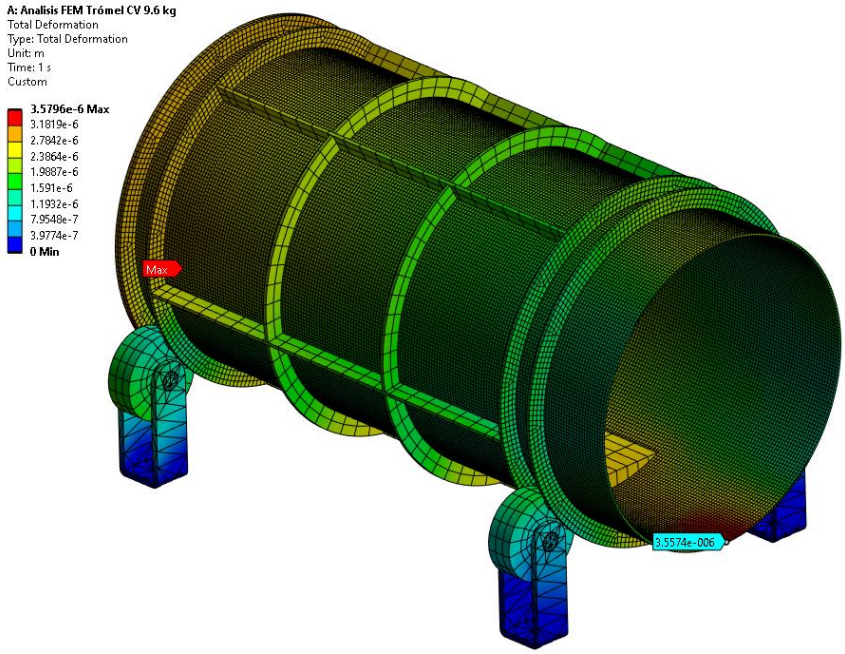
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 25
Gráfico de esfuerzo equivalente von-Mises.



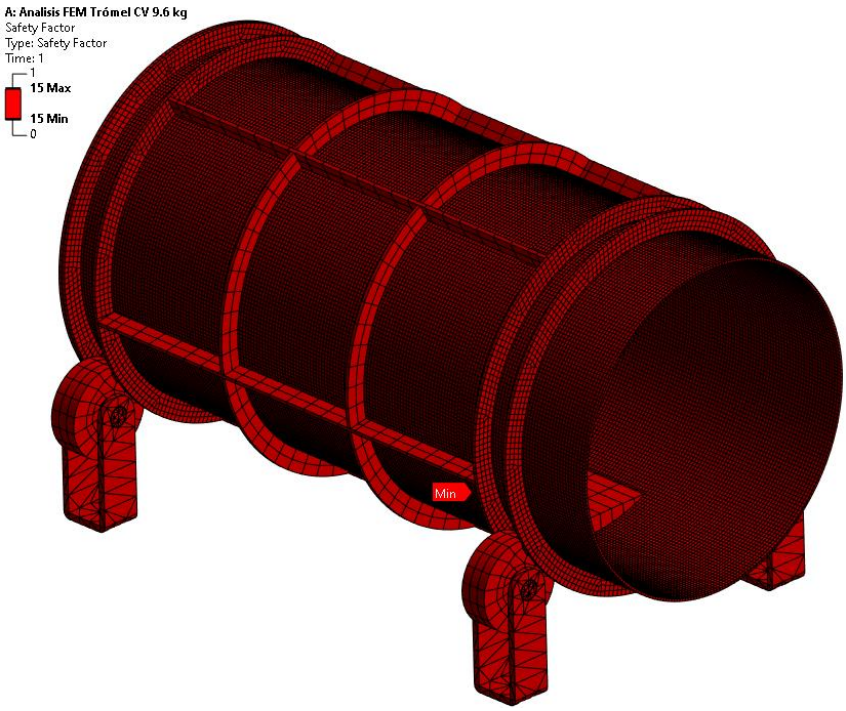
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 26
Gráfico de deformación total.



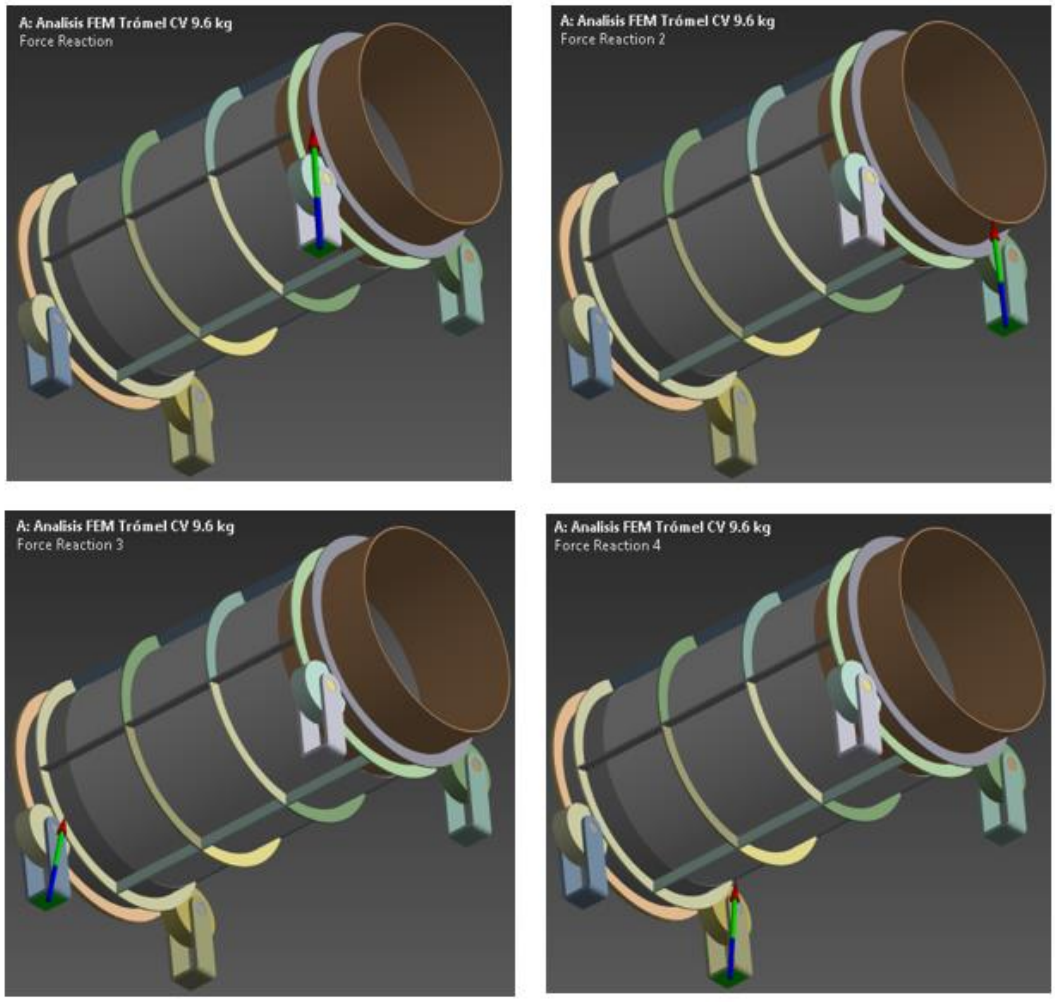
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 27
Gráfico de factor de seguridad.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 28
Gráfico de ubicación de fuerzas de reacción.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 5
Valores de fuerzas de reacción en apoyos fijos.

Fuerza de reacción	Magnitud (N)			
	X	Y	Z	Total
1	-0.36	151.82	-1.90	152.13
2	2.69	150.57	10.36	150.95
3	-0.71	251.58	-18.02	267.24
4	2.67	147.04	-5.16	149.31

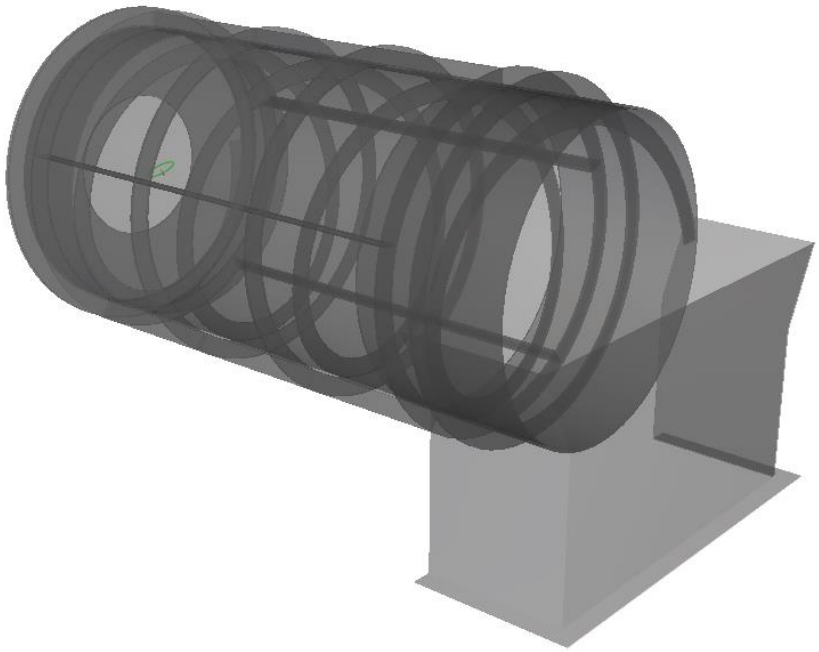
Fuente: Elaboración propia (2025).

3.1.6. Análisis DEM

Luego del análisis FEM, el siguiente paso es validar si los parámetros de diseño calculados y propuestos del modelo cumplen con la teoría, esto es, para tener un lavado eficiente de las ovas, se requiere que las partículas al interior del trómel, en su movimiento rotacional, tengan una caída de efecto catarata.

- **Superficie de control:** Tomamos para el análisis la estructura del tambor, la criba simplificada según la topología del modelo FEM y añadiremos el helicoide de arrastre al interior del tambor, asimismo agregaremos un deflector de descarga en la boca de salida del trómel.

Figura 29
Superficie de control para análisis DEM.



Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Balance de masa:** Luego de haber calculado el flujo másico de salida del modelo, consideraremos para este análisis que las pérdidas de masa al interior del trómel, es decir, las ovas que son filtradas por el tamiz a través del tiempo, son muy pequeñas, por lo que podemos asumir que el flujo másico de ingreso al sistema es el mismo que el flujo másico de salida. Con lo anterior, calcularemos la velocidad de ingreso del flujo al trómel, que viene determinada por la tubería de descarga del rayador 1. Entonces, de la ecuación de continuidad, despejamos la velocidad:

$$Q = A \times v$$

$$\frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{\pi D^2}{4} \times v$$

$$v = \frac{4 \times \dot{m}}{\rho \times \pi \times D^2} \qquad \ldots (14)$$

Donde

$v = velocidad\ del\ flujo\ en\ la\ tubería\ de\ descarga\ del\ rayador\ 1\ (m/s)$

$\dot{m} = flujo\ másico\ de\ salida\ del\ rayador\ 1\ (kg/s)$

$\rho = densidad\ de\ las\ ovas\ (kg/m^3)$

$D = diámetro\ interior\ de\ la\ tubería\ de\ descarga\ del\ rayador\ 1\ (m)$

Reemplazando valores en la ecuación (14), tenemos:

$$v = \frac{4 \times 0.46}{950 \times \pi \times 0.04^2}$$

$$v = 0.385\ \frac{m}{s} \qquad \ldots (15)$$

- **Iteración 1:** Utilizaremos los siguientes parámetros según las tablas 6 y 7.

Tabla 6
Parámetros de ingreso iteración 1.

	No (RPM)	m (kg/s)	v (m/s)
Iteración 1	60.2	0.46	0.39

Fuente: Elaboración propia (2025).

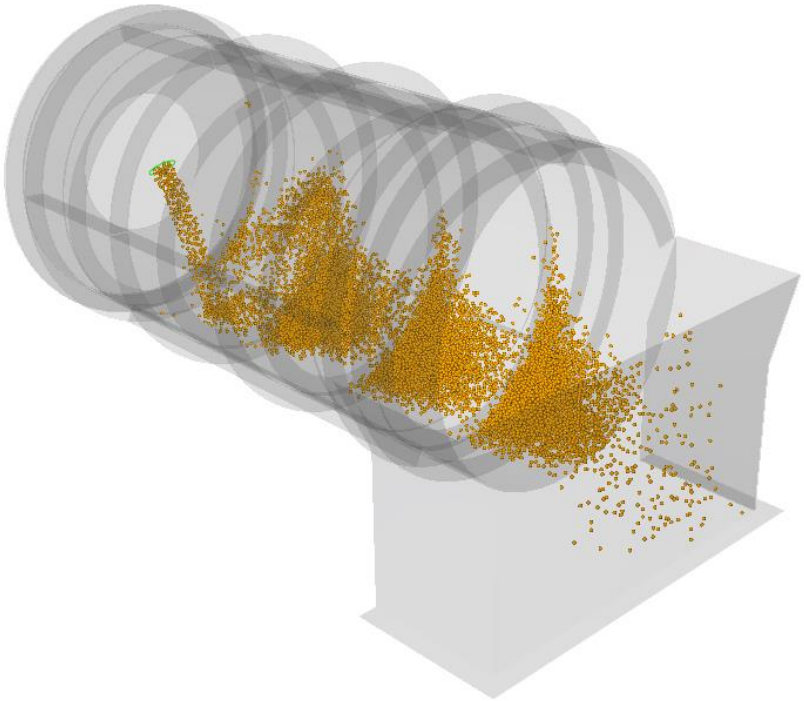
Tabla 7
Propiedades físicas de las partículas iteración 1.

Tamaño de partículas	5 mm
Tipo de partículas	Esféricas
Densidad de partículas	950 kg/m3
Coeficiente de rozamiento estático partícula-partícula	1
Coeficiente de rozamiento dinámico partículas-partícula	1
Coeficiente de rozamiento estático partícula-superficie	0.3
Coeficiente de rozamiento dinámico partícula-superficie	0.3
Coeficiente de restitución	0.3
Número de partículas	26357
Número de triángulos	10346

Fuente: Elaboración propia (2025).

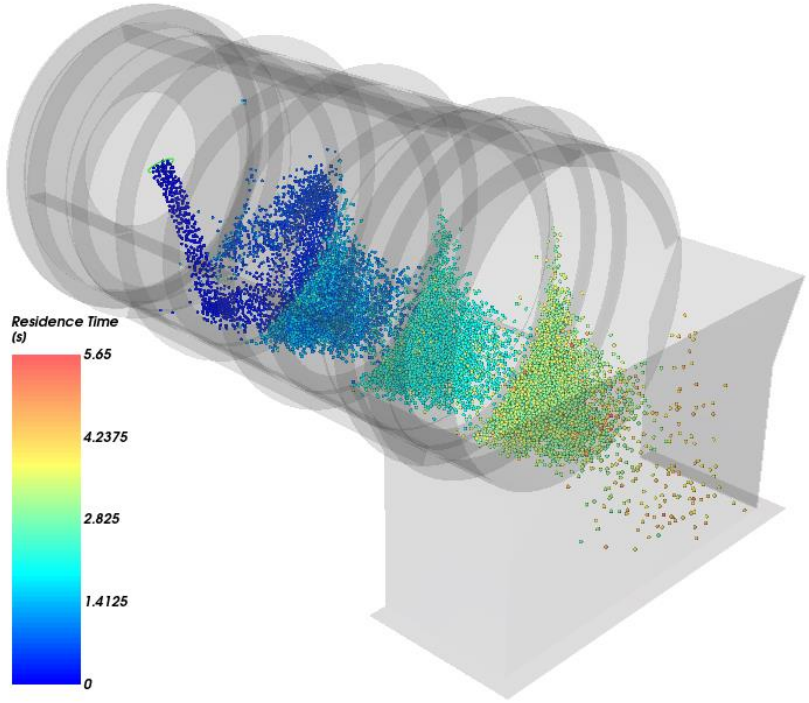
➢ *Resultados:*

Figura 30
Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 1.



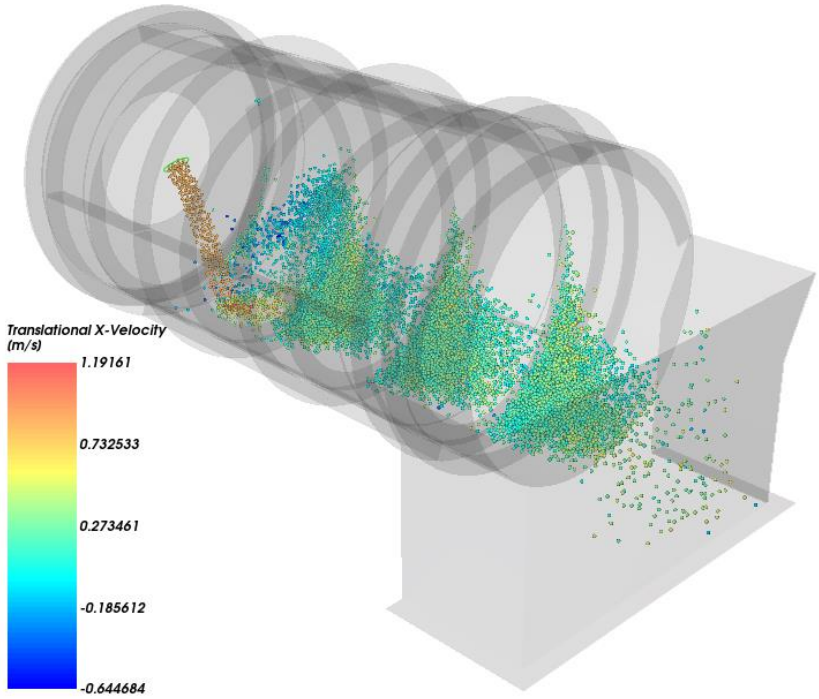
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 31
Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 1.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 32
Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 1.



Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Iteración 2:** Utilizaremos los siguientes parámetros según las tablas 8 y 9.

Tabla 8
Parámetros de ingreso iteración 2.

	No (RPM)	m (kg/s)	v (m/s)
Iteración 2	60.2	2.4	2.21

Fuente: Elaboración propia (2025).

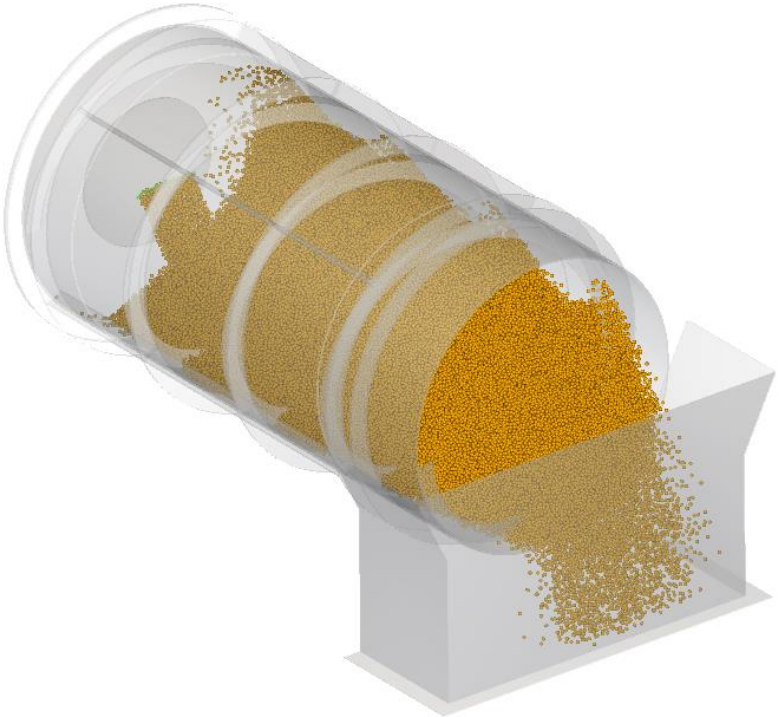
Tabla 9
Propiedades físicas de las partículas iteración 2.

Tamaño de partículas	5 mm
Tipo de partículas	Esféricas
Densidad de partículas	950 kg/m3
Coeficiente de rozamiento estático partícula-partícula	1
Coeficiente de rozamiento dinámico partículas-partícula	1
Coeficiente de rozamiento estático partícula-superficie	0.3
Coeficiente de rozamiento dinámico partícula-superficie	0.3
Coeficiente de restitución	0.3
Número de partículas	385993
Número de triángulos	10346

Fuente: Elaboración propia (2025).

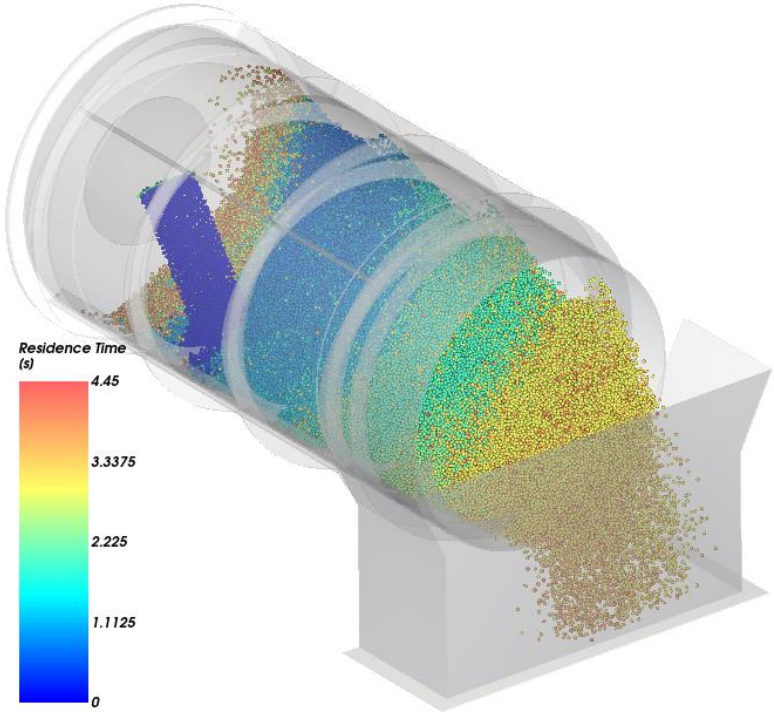
➢ *Resultados:*

Figura 33
Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 2.



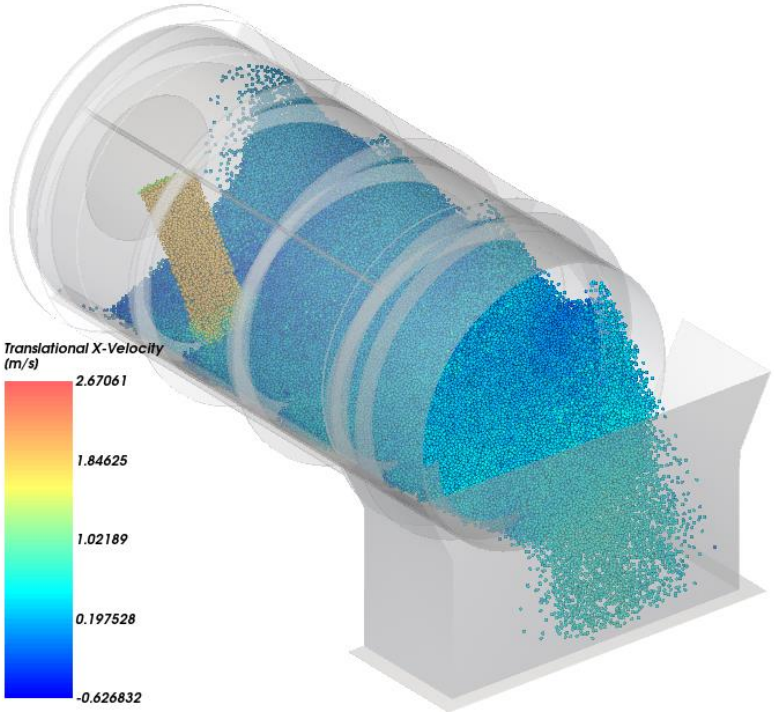
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 34
Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 2.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 35
Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 2.



Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Iteración 3:** Utilizaremos los siguientes parámetros según las tablas 10 y 11.

Tabla 10
Parámetros de ingreso iteración 3.

	Nx (RPM)	m (kg/s)	v (m/s)
Iteración 3	75	0.46	0.39

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 11
Propiedades físicas de las partículas iteración 3.

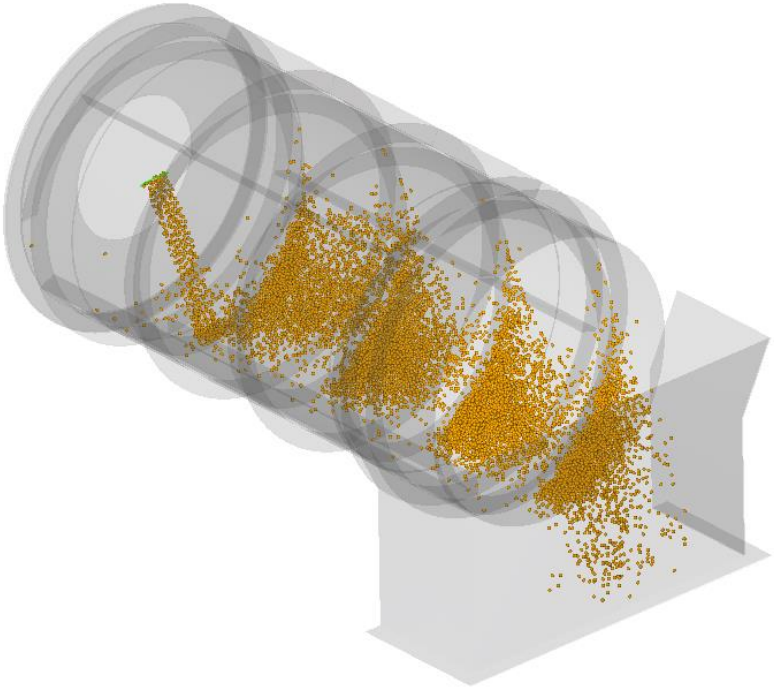
Tamaño de partículas	5 mm
Tipo de partículas	Esféricas
Densidad de partículas	950 kg/m3
Coeficiente de rozamiento estático partícula-partícula	1
Coeficiente de rozamiento dinámico partículas-partícula	1
Coeficiente de rozamiento estático partícula-superficie	0.3
Coeficiente de rozamiento dinámico partícula-superficie	0.3
Coeficiente de restitución	0.3
Número de partículas	26357
Número de triángulos	10346

Fuente: Elaboración propia (2025).

Para el caso particular de la presente iteración, tomamos una velocidad de rotación del trómel superior a la velocidad critica, para visualizar en cuanto mejora la caída de efecto catarata al interior.

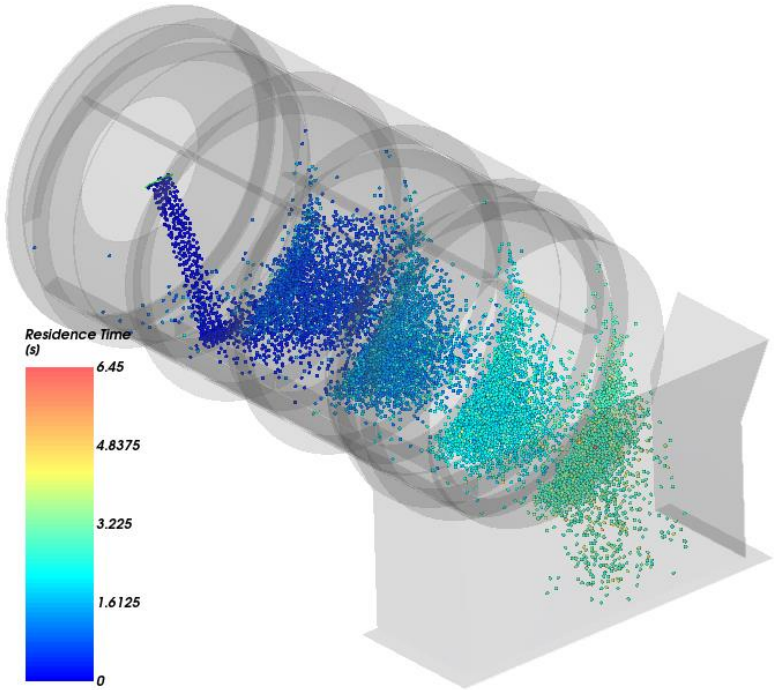
➢ *Resultados:*

Figura 36
Gráfico de flujo de ovas a través del trómel iteración 3.



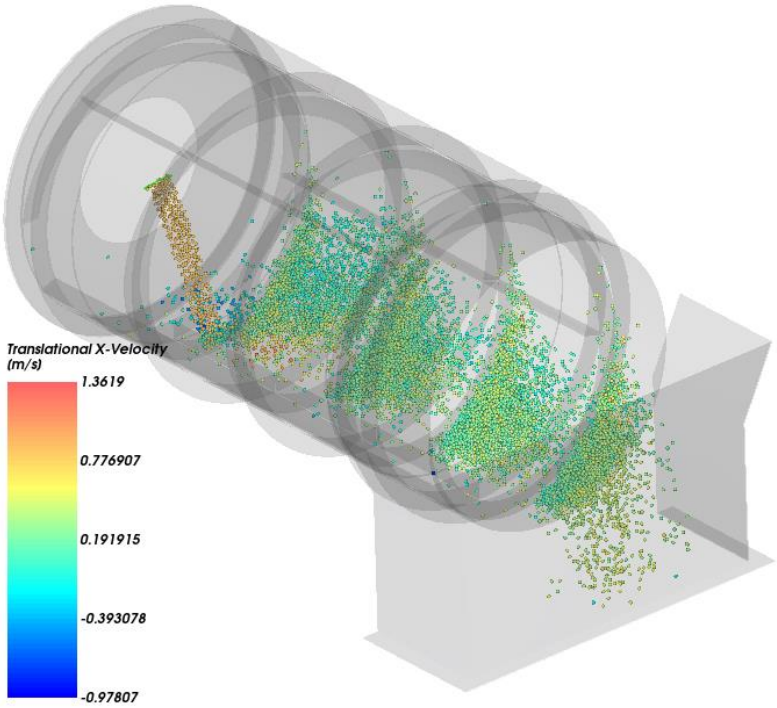
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 37
Gráfico de tiempo de residencia de ovas iteración 3.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 38
Gráfico de velocidad traslacional axial de ovas iteración 3.



Fuente: Elaboración propia (2025).

3.1.7. Diseño detallado de la estructura y componentes

Luego de validar los parámetros de diseño con los análisis FEM y DEM, procederemos a diseñar la estructura base que soportará el peso del trómel, calcular y seleccionar el sistema de transmisión y calcular la potencia del motorreductor adecuada, así como seleccionar los demás componentes que conforman el sistema, teniendo en cuenta el espacio disponible en la zona.

- **Cálculo de potencia del motorreductor:** Para el cálculo de la potencia, tomaremos los valores utilizados en las iteraciones del análisis DEM, según las tablas 6, 8 y 10, y elegiremos la mayor potencia obtenida. Para nuestro caso, el trómel se mueve sobre rodillos, por lo que la potencia requerida para vencer el momento de inercia, viene a estar dada por la fuerza de rozamiento estática entre los rodillos y el cuerpo del tambor, la cual se opone al movimiento, por lo tanto, tenemos:

$$P_T = \frac{\mu_s \times W \times v}{n} \qquad \ldots (16)$$

Donde

$P_T = potencia\ del\ motorreductor\ (Watt)$

$\mu_s = coeficiente\ de\ rozamiento\ estático\ rodillo - tambor$

$W = peso\ del\ trómel\ (tambor\ y\ criba)\ más\ la\ carga\ total\ (N)$

$v = velocidad\ tangencial\ de\ los\ rodillos\ (m/s)$

$n = eficiencia\ del\ sistema\ de\ transmisión$

Sabemos que la velocidad tangencial del rodillo en el punto de contacto con el tambor es la misma que la velocidad tangencial del tambor, por lo tanto, reemplazando en la ecuación 16, tenemos:

$$P_T = \frac{\mu_s \times W \times (\frac{r \times N \times \pi}{30})}{n}$$

$$P_T = \frac{\mu_s \times W \times r \times N \times \pi}{30 \times n} \qquad \ldots (17)$$

Donde

$r = radio\ del\ trómel$

$N = velocidad\ de\ rotación\ del\ trómel\ (rpm)$

Para el cálculo asumiremos que el coeficiente de rozamiento estático entre el rodillo y el tambor es el del aluminio sobre acero, según la tabla 12, y que la eficiencia del sistema de transmisión es el 95%.

Tabla 12
Tabla de coeficientes de fricción de algunos materiales.

Coeficientes de fricción		
	μ_s	μ_k
Hule sobre concreto	1.0	0.8
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.4
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Madera sobre madera	0.25–0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Madera encerada sobre nieve seca	—	0.04
Metal sobre metal (lubricado)	0.15	0.06
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Hielo sobre hielo	0.1	0.03
Articulación sinovial en humanos	0.01	0.003

Nota: Todos los valores son aproximados. En algunos casos el coeficiente de fricción puede superar 1.0.

Fuente: (Serway & Jewett, 2008).

Reemplazando valores en la ecuación 17, obtenemos las potencias de las distintas iteraciones:

- ***Iteración 1:***

$$P_1 = \frac{0.61 \times (35.33 + 1.83) \times 0.2 \times 60.2 \times \pi}{30 \times 0.95}$$

$$P_1 = 295.16\ W\ <> 0.40\ HP$$

- ***Iteración 2:***

$$P_2 = \frac{0.61 \times (35.33 + 9.57) \times 0.2 \times 60.2 \times \pi}{30 \times 0.95}$$

$$P_2 = 356.58\ W\ <> 0.48\ HP$$

- ***Iteración 3:***

$$P_3 = \frac{0.61 \times (35.33 + 1.47) \times 0.2 \times 75 \times \pi}{30 \times 0.95}$$

$$P_3 = 364.14\ W\ <> 0.49\ HP$$

De los valores calculados, la potencia de la iteración 3 es la mayor, la cual comercialmente se tiene en un motorreductor de 0.5 HP, sin embargo, elegiremos una potencia de motorreductor superior para tener un margen de seguridad considerable. Por lo tanto, seleccionamos un motorreductor de 1 HP de engranajes cilíndricos.

- **Cálculo y selección del sistema de transmisión:** Utilizaremos un sistema de transmisión por poleas y faja, por ser uno de los más eficientes en cuanto a transmisión de potencia, facilidad de instalación, bajo costo, fácil mantenimiento, entre otros.

Según el modelo preliminar, la geometría de la tapa posterior del trómel considera un agujero de 200 mm de diámetro, por donde ingresa la tubería de descarga del rayador 1, por lo tanto, en el diseño de la polea conducida se considera dicha abertura, para ello, además, seleccionamos una faja tipo V de perfil B/17 para la transmisión del par motriz. (Anexo C)

- ***Diseño de la polea conducida:*** Será fabricada en duraluminio, con un diámetro de 290 mm, ancho de 37 mm y agujero central de 200 mm, de acuerdo a la geometría de la tapa posterior del trómel. Parámetros de diseño obtenidos de la ficha técnica de Optibelt. (Anexo C)

➢ ***Diseño de la polea motriz:*** Será fabricada en duraluminio, con un diámetro de 120 mm, ancho de 37 mm y agujero central de 25 mm. Parámetros de diseño obtenidos de la ficha técnica de Optibelt. (Anexo D)

Teniendo definidos los diámetros de las poleas motriz y conducida, además de la velocidad de rotación del trómel, calculamos la velocidad de rotación del motorreductor:

$$D_1 \times N_1 = D_2 \times N_2 \qquad \ldots (18)$$

Donde

$D_1 = diámetro\ de\ la\ polea\ motriz$ (m)

$N_1 = velocidad\ de\ rotación\ del\ motorreductor\ (rpm)$

$D_2 = diámetro\ de\ la\ polea\ conducida\ (m)$

$N_2 = velocidad\ óptima\ de\ rotación\ del\ trómel\ (rpm)$

Reemplazando valores en la ecuación 18, tenemos:

$$120 \times N_1 = 290 \times 60.2$$

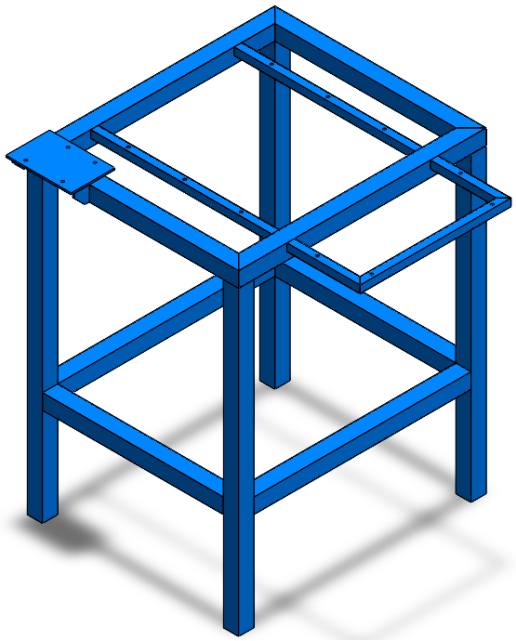
$$N_1 = 145.48\ rpm$$

- **Diseño de guardas de protección:** Se utilizará guardas de protección para salvaguardar la integridad de los equipos y de todo el personal que esté involucrado en la operación y mantenimiento del trómel, para esto, diseñaremos guardas de acuerdo a la geometría de los componentes en movimiento, tanto para el sistema de transmisión como para el motorreductor.
- **Selección de boquillas de aspersión para el sistema de lavado de ovas y limpieza del tamiz:** Dentro de las funciones del trómel, están las de ser auto limpiante y además lavar las ovas en su avance al interior del equipo, para ello se utilizará un sistema de tuberías de aspersión de agua. Una tubería será colocada al interior del tambor para lavar las ovas, provista de 4 boquillas de pulverización plana colocadas en serie, con ángulo de pulverización de 80°, modelo H1/4VV-SS8005, y otra tubería será colocada en paralelo a la anterior, al exterior de la criba, que dirigirá el chorro de aspersión hacia la malla que

limpiará la misma, estará provista de 6 boquillas de pulverización plana colocadas en serie, con ángulo de pulverización de 110°, modelo H1/4VV-SS11005.

- **Diseño de la estructura base:** Teniendo seleccionados todos los componentes del sistema, se procederá a diseñar la estructura base que soportará el peso de todo el equipamiento del trómel, para ello se realizará un modelo 3D según el espacio disponible, y luego se procederá a realizar su validación mediante análisis FEM.

Figura 39
Modelo propuesto para la estructura base.



Fuente: Elaboración propia (2025).

➢ ***Información del modelo y malla:***

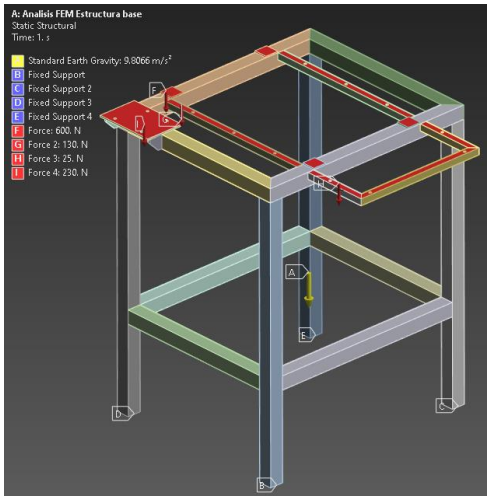
Tabla 13
Propiedades del análisis.

Sistema de unidades	Métrico (MKS)
Esfuerzo	Pa (N/m^2)
Desplazamiento	mm
Masa	35.20 kg
Volumen	4399.41 cm^3
Densidad	7954 kg/m^3
Tipo de malla	Malla sólida
Número total de nodos	152862
Número total de elementos	60992

Fuente: Elaboración propia (2025).

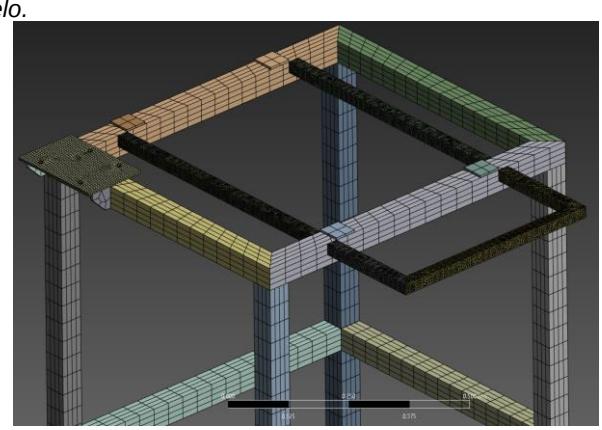
➢ Análisis estático:

Figura 40
Restricciones fijas y cargas del modelo.



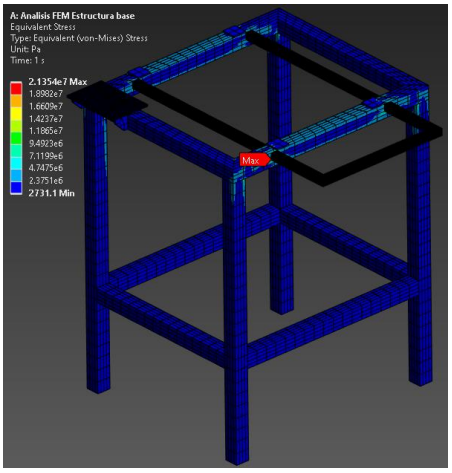
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 41
Vista de mallado del modelo.



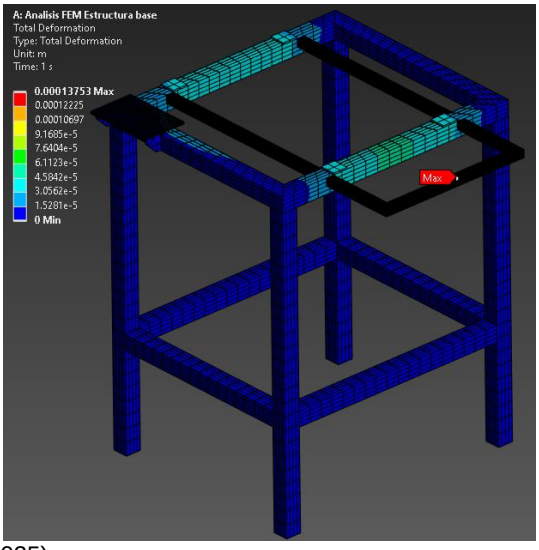
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 42
Gráfico de esfuerzo equivalente von-Mises.



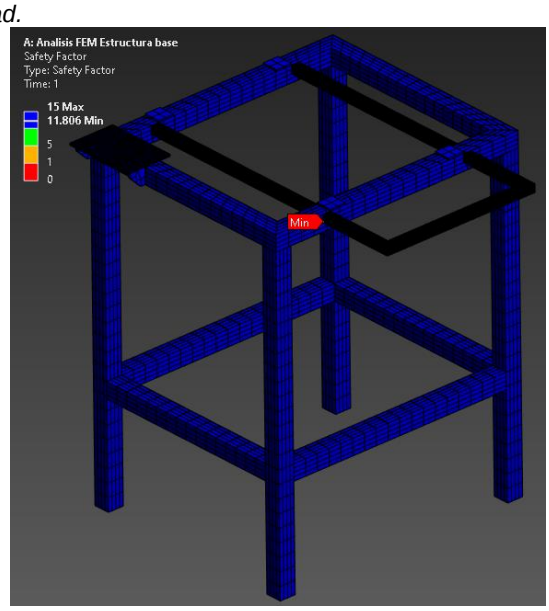
Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 43
Gráfico de deformación total.



Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 44
Gráfico de factor de seguridad.



Fuente: Elaboración propia (2025).

CAPITULO IV

4. Resultados, discusión de resultados y contrastación de hipótesis

4.1. Resultados

Se realizará una recapitulación de todos los valores obtenidos en los distintos análisis, tanto en el análisis FEM como en el DEM, así como la disposición del modelo 3D final.

4.1.1. Resultados del análisis FEM

A lo largo del desarrollo de la investigación, se realizaron análisis estáticos de resistencia al tambor y a la estructura base del trómel, para verificar si estos componentes resisten las cargas transmitidas tanto por el ingreso del flujo de ovas al sistema, como por el peso de los distintos componentes que lo conforman.

Siguiendo la metodología del diseño planteado, se realizaron 3 distintas iteraciones en el análisis DEM, en los cuales se determinaron distintos escenarios para el procesamiento de las ovas. Con estos resultados se obtuvieron valores de cargas distintas que soportaría el trómel, por lo tanto, para el análisis FEM se tomó como datos las mayores cargas posible según las iteraciones.

En las tablas 14 y 15 se muestran los valores de desplazamiento total, esfuerzo equivalente von-Mises y factor de seguridad, obtenidos según las cargas a las cuales fueron sometidas cada elemento.

Tabla 14
Valores obtenidos análisis FEM al trómel.

	Min	Max
Desplazamiento total (m)	0	3.58E-06
Esfuerzo equivalente von-Mises (Pa)	768.92	5.60E+06
Factor de seguridad	15	15

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 15
Valores obtenidos análisis FEM a la estructura base.

	Min	Max
Desplazamiento total (m)	0	1.38E-04
Esfuerzo equivalente von-Mises (Pa)	2731.1	2.14E+07
Factor de seguridad	11.806	15

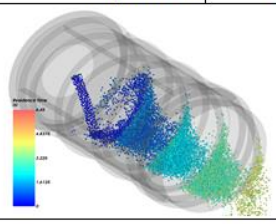
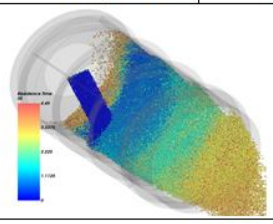
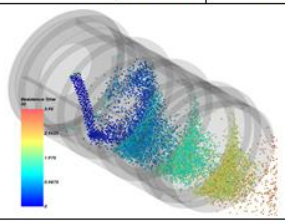
Fuente: Elaboración propia (2025).

4.1.2. Resultados del análisis DEM

En esta sección, se mostrará una recapitulación de los valores obtenidos de las 3 iteraciones realizadas al modelo, esto es, el tiempo de residencia de las ovas, la velocidad de avance axial del flujo y la caída de efecto catarata, como se muestra en las tablas 16, 17 y 18.

Tabla 16

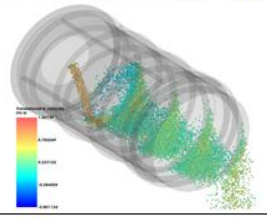
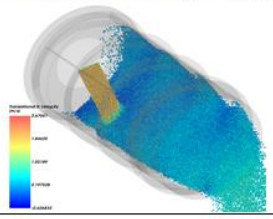
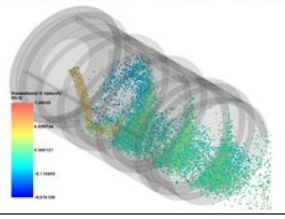
Tiempo de residencia de ovas al interior del trómel.

	Iteración 1		Iteración 2		Iteración 3	
Parámetros calculados	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	75 rpm
	tiempo de llenado	4 s	tiempo de llenado	4 s	tiempo de llenado	3.2 s
Vista isométrica						
Tiempo de residencia obtenido en DEM	Según la escala de colores, aproximadamente 4 s		Según la escala de colores, aproximadamente 3.9 s		Según la escala de colores, aproximadamente 3.4 s	

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 17

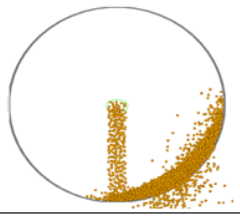
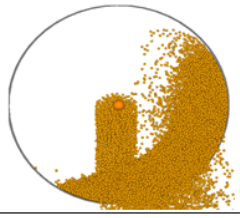
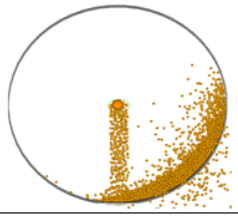
Velocidad de avance axial del flujo de ovas al interior del trómel.

	Iteración 1		Iteración 2		Iteración 3	
Parámetros calculados	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	75 rpm
	velocidad de avance del flujo	0.20 m/s	velocidad de avance del flujo	0.20 m/s	velocidad de avance del flujo	0.25 m/s
Vista isométrica						
Velocidad de avance obtenido en DEM	Según la escala de colores, aproximadamente 0.2 m/s		Según la escala de colores, aproximadamente 0.2 m/s		Según la escala de colores, aproximadamente 0.28 m/s	

Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 18

Vista axial de caída de efecto catarata.

	Iteración 1		Iteración 2		Iteración 3	
Parámetros de diseño	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	60.2 rpm	velocidad de rotación	75 rpm
	flujo másico de ingreso	0.46 kg/s	flujo másico de ingreso	2.40 kg/s	flujo másico de ingreso	0.46 kg/s
Vista de plano axial						
Efecto catarata	Si, poca turbulencia		Si, moderada turbulencia		Si, poca turbulencia	

Fuente: Elaboración propia (2025).

4.2. Discusión de resultados

El presente diseño se sustenta básicamente en los análisis FEM y DEM realizados al modelo propuesto, por lo tanto, para el caso del análisis FEM al tambor, se determinó que el desplazamiento total máximo que sufre es de 0.00358 mm, cuya zona de deformación se encuentra ubicada en la parte inferior de la boca de descarga, y el factor de seguridad mínimo obtenido fue de 15; con dichos valores, comprobamos que la estructura del tambor es prácticamente indeformable bajo la acción de las cargas a las cuales fue sometido en la presente investigación.

Para el caso del análisis FEM de la estructura base, se determinó que el desplazamiento total máximo que sufre es de 0.138 mm, cuya zona de deformación se encuentra ubicada en la parte central exterior de la estructura de soporte del deflector de descarga, y el factor de seguridad mínimo obtenido fue de 11.8; con dichos valores, comprobamos que la estructura base de soporte del trómel resiste en gran medida todo el peso del sistema con amplio margen de seguridad, quedando dicha estructura con la posibilidad de agregársele nuevas cargas a futuro.

Para el caso del análisis DEM, en donde se realizaron 3 iteraciones, se determinó que el tiempo máximo de residencia de las ovas al interior del trómel, es decir, el tiempo que tarda en recorrer el flujo desde su ingreso hasta la salida por la boca de descarga, fue de 4 segundos aproximadamente, versus los 4 segundos calculados según las ecuaciones, asimismo, la velocidad máxima de avance axial del flujo de ovas fue de 0.28 m/s aproximadamente, versus los 0.25 m/s calculados según las ecuaciones, y finalmente el efecto catarata deseado se obtuvo en mayor medida para un flujo másico de ingreso de ovas de 2.4 kg/s, sin embargo, dicho efecto también se cumple para el caso del flujo másico de ingreso de la planta, es decir, 0.46 kg/s, pero en menor medida. Con lo anterior mencionado se considerará que la velocidad de rotación del trómel será como mínimo 60.2 rpm y como máximo 75 rpm.

4.3. Contrastación de hipótesis

Para el presente estudio se consideró una jornada laboral de 8 horas diarias y un operador que está constantemente realizando la labor de arrastre de ovas en toda la jornada, para lo cual, la hipótesis planteada según la variable independiente, era de reducir la interacción del hombre en esta etapa del proceso; ahora bien, luego de sustentar el diseño del trómel, definimos los tiempos que requerirá un operador tanto para la puesta en marcha, parada y limpieza rutinaria del equipo.

$$t_T = t_1 + t_2 + t_3 \qquad \ldots(19)$$

Donde

$t_T = tiempo\ total\ de\ manipulación\ del\ tromel\ por\ jornada\ laboral$

$t_1 = tiempo\ requerido\ por\ un\ operador\ para\ poner\ en\ marcha\ el\ trómel$

$t_2 = tiempo\ requerido\ por\ un\ operador\ para\ detener\ el\ trómel$

$t_3 = tiempo\ requerido\ por\ un\ operador\ para\ limpiar\ el\ trómel\ en\ cada\ jornal$

Asumiendo que $t_1 = 5\ min,\ t_2 = 5\ min,\ t_3 = 15\ min$, reemplazamos en la ecuación 19: $t_T = 5 + 5 + 15 = 25\ min$

4.3.1. Contrastación de hipótesis general

De lo mencionado en el párrafo anterior, tenemos que el tiempo de manipulación diaria de un operador del trómel será de 25 min, versus las 8 h de jornada laboral diarias, por consiguiente, tenemos un porcentaje del tiempo de utilización diario del trómel de 5.2%, con lo cual la hipótesis general del presente estudio es validada al reducir en gran medida la participación del hombre en esta etapa del proceso.

4.3.2. Contrastación de hipótesis especifica 1

Para elaborar el modelo preliminar de la máquina desarrollada en la presente investigación, fue necesario conocer las necesidades y/o requerimientos del cliente respecto al equipo, en base a ello se elaboró una lista de funciones las cuales debía cumplir el equipo para satisfacer la necesidad, dichas funciones fueron transportar, tamizar, drenar y lavar las ovas además de ser un equipo auto limpiarte, por lo tanto, con dicha lista fue

posible elaborar un modelo preliminar, con lo cual queda validada la presente hipótesis especifica.

4.3.3. Contrastación de hipótesis especifica 2

Para validar el funcionamiento del modelo propuesto, fue necesario realizar múltiples cálculos de resistencia estructural a través del análisis por elementos finitos mediante software computacional, el cual determinó que la estructura tanto del tambor como del soporte base resistían las cargas a los cuales fueron sometidos, así como también, se realizó tres iteraciones de análisis por el método de partículas discretas, el cual determinó que el material particulado al interior del tambor cumplía con la caída de efecto catarata requerida, por lo tanto, la presente hipótesis especifica queda validada.

4.3.4. Contrastación de hipótesis especifica 3

Finalmente, al tener definidos los requerimientos del cliente, haber elaborado un modelo preliminar que satisfaga dichos requerimientos, haber validado su funcionamiento mediante los análisis FEM y DEM, se seleccionó los demás componentes del sistema, como son el sistema de aspersión de limpieza interior y exterior, el sistema de transmisión y el motorreductor, por lo tanto, con dicha propuesta de diseño, se logró cumplir con los requisitos del proceso, y por lo tanto, la presente hipótesis especifica queda validada.

CONCLUSIONES

El diseño del trómel reduce en un 94.8% la participación del hombre en la etapa de tamizado de ovas post rayado 1, debido a que en su operación solo es requerida la presencia de un operador durante 25 min para realizar las labores de puesta en marcha, parada y limpieza del equipo.

Las funciones del trómel diseñado son, transportar, tamizar, drenar y lavar las ovas, además de ser auto limpiante, debido a que el sistema de aspersión que posee al exterior del tambor lava la criba a medida que esta va rotando, y el sistema de aspersión al interior del tambor, lava las ovas a su paso, a la vez que las transporta desde un punto A hacia un punto B, y el material de rechazo pasa a través de los orificios del tamiz y es descargado por la parte inferior del equipo.

El análisis mediante software computacional, para el caso del DEM, permitió demostrar que el efecto catarata estuvo presente para las 3 alternativas en menor y mayor medida, dependiendo del flujo másico de ingreso y de la velocidad de rotación del trómel, por consiguiente, es posible aumentar la velocidad de rotación para aumentar la turbulencia y mejorar el efecto catarata, y para el caso del análisis FEM, el valor del factor de seguridad obtenido para todo el sistema fue de 11.8, lo cual demuestra que el modelo propuesto es seguro para su operación y no supone un riesgo de colapso por sobrecarga, incluso teniendo el tambor lleno al 100%.

El trómel diseñado en el estudio, tiene una capacidad de procesamiento de ovas de 2.40 kg/s o su equivalente de 8.64 TM/h, flujo másico el cual supera por 5.2 veces la capacidad de procesamiento de la planta, por lo tanto, es una propuesta óptima, ya que permite procesar un mayor flujo másico que el requerido.

RECOMENDACIONES

Para estimar un valor más preciso del porcentaje de participación del hombre en la etapa de tamizado de ovas post rayado 1, luego de la implementación del trómel, se debería realizar un estudio más a detalle respecto al tiempo que le toma a un operador de la planta limpiar un equipo similar al diseño propuesto.

Dentro de las funciones del trómel, para un estudio más detallado, se podría adicionar al sistema de aspersión de agua, tanto para el manifold de distribución de lavado de criba como el de lavado de ovas, una válvula de derivación que permita en cada línea abrir o cerrar los aspersores según demanda.

Respecto al análisis mediante software computacional, se debería realizar un estudio más detallado, agregándole un análisis de hidrodinámica de partículas suavizadas (SPH), para visualizar como la adición de agua al flujo de ovas, afecta la turbulencia del flujo y este a su vez a la caída de efecto catarata.

Respecto al diseño óptimo del equipo, al momento de la instalación se debería considerar la inclusión de un tablero de arranque con variador de frecuencia, el cual permita variar la velocidad de rotación del trómel y así aumentar o disminuir su velocidad dependiendo del flujo másico de procesamiento de la planta.

REFERENCIAS

Alvarez Velasco, L. (2013). *Diseño Conceptual de un Cilindro Cribador para Lombricomposta.* Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico.

Araujo Calderin, C. D., & Correa Echeverría, J. G. (2020). *Diseño y construcción de una máquina tamizadora de arena con tambor centrífugo y tamices intercambiables para uso académico en el programa de ingeniería mecánica de la Universidad de Córdoba.* Tesis de grado, Universidad de Córdoba, Colombia.

Calderon Salcedo, A. M. (2020). *Diseño de una maquina cernidora de arena verde para el proceso de fabricación artesanal de utensilios de aluminio en el Caserio de Chacupe - Lambayeque.* Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú.

ComexPerú. (27 de Octubre de 2023). *https://www.comexperu.org.pe/*. Obtenido de https://www.comexperu.org.pe/articulo/las-exportaciones-de-pesca-no-tradicional-continuan-dando-batalla

Dattatray Arjun, A., & Lal Attri, B. (2024). Development of Rotary Sieve for Preparation of Casing Soil Required in Mushroom Cultivation. *Current Agriculture Research Journal, 12*(2), 967-972. doi:http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.12.2.37

G. Budynas, R., & Keith Nisbett, J. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Novena Edición ed.). McGraw Hill.

Gieck, K., & Gieck, R. (2004). *Manual de Fórmulas Técnicas, 30a Edición.* Alfaomega.

Icart Isern, M. T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpón Segura, A. M. (2000). *Elaboración y Presentación de un Proyecto de Investigación y una Tesina.* Edicions Universitat de Barcelona.

Lutuala Diaz, D. A. (2024). *Diseño de un Tamizador para la Separación de Desechos Sólidos.* Tesis de grado, Universidad Indoamérica, Ecuador.

Peng, C., Zhou, T., Song, S., Sun, S., Yin, Y., & Xu, D. (2022). Design and Experiment of Black Soldier Fly Frass Mixture Separation through a Cylinder Sieve with Different Rotation Speeds. *Applied Sciences*, 12, 10597. doi:http://doi.org/10.3390/app122010597

REDES-SP. (2021). *Reporte rápido: Exportaciones de ovas de pez volador de Perú.*

Rodríguez García, E. (2016). *Diseño de una máquina de lavado de grandes prestaciones con sistema hidráulico para la explotación de oro.* Barcelona, España.

Sanz Carrión, B. (2022). *Diseño de un sistema de captación y optimización energético destinado a la deshidratación de tortas de gazpacho.* Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia, España.

Seafood, O. (2023). *https://osf.pe/*. Obtenido de https://osf.pe/es/categoria-producto/ovas-de-pez-volador/bloque-y-servicios-gastronomicos/

Seafood, O. (2023). *https://osf.pe/*. Obtenido de https://osf.pe/es/quienes-somos/

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (Séptima ed., Vol. 1). Cengage Learning.

Vargas Orosco, J. C. (2020). *Aplicación de un sistema HACCP en el procesamiento de ovas de pez volador (Cypselurus heterurus) para mejorar la calidad nutricional.* Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Pisco.

Wijianto, A., & Wardana, W. (2023). Rancang Bangun Mesin Pengayak Pasir Sistem Rotary Dengan Tiga Grade Hasil Ayakan. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan, 4*(2), 90-96. doi:https://doi.org/10.18196/jqt.v4i2.16155

Yepes Piqueras, V. (2023). Obtenido de https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/instalacion-de-aridos/

ANEXOS

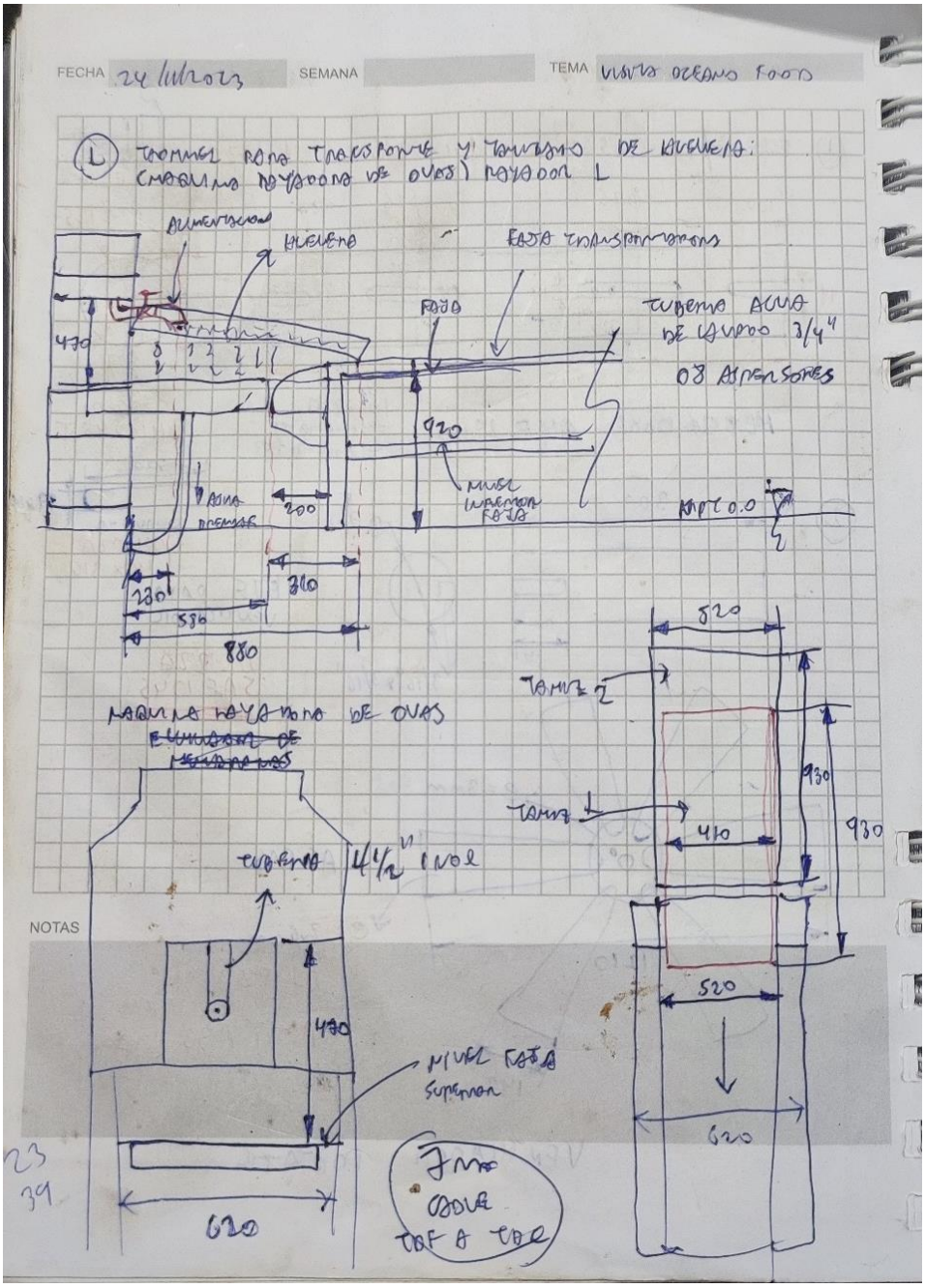
ANEXO A: Matriz de consistencia

Tabla 19
Matriz de consistencia.

TÍTULO: DISEÑO DE UN TAMIZ ROTATORIO (TRÓMEL) EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE OVAS DE PEZ VOLADOR PARA REDUCIR LA INTERACCIÓN DEL HOMBRE EN UNA ETAPA DEL PROCESO				
PROBLEMA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**	**VARIABLES**	**METODOLOGÍA**
¿En qué medida la falta de un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador aumentará la interacción del hombre en una etapa del proceso?	Diseñar un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador para reducir la interacción del hombre en una etapa del proceso	El diseño de un tamiz rotatorio en una planta de producción de ovas de pez volador reducirá la interacción del hombre en una etapa del proceso	**Variable Independiente:** VI: Diseño de un tamiz rotatorio **Variable Dependiente:** VD: Interacción del hombre	**Tipo de Investigación:** Experimental y Aplicada **Enfoque de Investigación:** Cuantitativo **Nivel de Investigación:** Deductivo **Diseño de Investigación:** Experimental de caso único
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**		**Población y muestra:** **Población:** Línea de producción de ovas de pez volador, en las etapas de rayado 1, lavado y selección manual 1, en planta Callao de la empresa Oceano Seafood. **Muestra:** Tamiz lavador post rayado 1 **Técnicas e instrumentos:** **Las técnicas:** Observación estructurada y entrevista semiestructurada. **Los instrumentos:** Bitácora de campo y formato de entrevista. **Análisis y procesamiento de Datos:** Serán procesados en Excel, Solidworks, Ansys Workbench y Ansys Rocky.
1) ¿De qué manera identificar las funciones de un tamiz rotatorio permitirá elaborar un modelo preliminar? 2) ¿Cómo el análisis mediante software computacional validará el funcionamiento del modelo propuesto? 3) ¿Por qué al seleccionar una porpuesta de diseño óptimo se cumplirá con los requisitos del proceso?	1) Identificar las funciones del tamiz rotatorio con el fin de elaborar un modelo preliminar 2) Analizar mediante software computacional el modelo propuesto para validar su funcionamiento 3) Seleccionar una propuesta de diseño óptimo de modo que cumpla con los requisitos del proceso	1) La identificación de las funciones del tamiz rotatorio permitirá elaborar un modelo preliminar 2) El análisis mediante software computacional del modelo propuesto permitirá validar su funcionamiento 3) La selección de una propuesta de diseño óptimo permitirá cumplir con los requisitos del proceso		

Fuente: Elaboración propia (2025).

ANEXO B: Bitácora de campo



ANEXO C: Fichas técnicas

PLASTICOS TECNICOS

Poliamida 6 SA (Nylon)

Duraflon®

CORPORACIÓN emacin

Polímero sintético que presenta buena tenacidad y resistencia a; tracción, compresión, impacto, fatiga y desgaste por fricción.

Aplicación: engranajes, cojinetes, ruedas, canales, poleas, tornillos y otros.

Propiedades Fisicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	1.14	g / cm^3	ISO 1183
Absorción de Agua	1.28 / 2.50	%	Sumergido, 24/96hr; ISO 62
	2.60	%	Saturación en Aire (23ºC / 50 % HR)
	9.00	%	Saturación en Agua (23ºC)

Propiedades Mecánicas (23ºC)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	75	Shore D	ASTM D2240
Esfuerzo de tracción	82	MPa	ISO 527
Esfuerzo de tracción(65°C)	40	MPa	ISO 527
Módulo de tracción	2.76	GPa	ISO 527
Alargamiento de rotura	60	%	ISO 527
Esfuerzo de flexión	110	MPa	ASTM 790
Módulo de flexión	3.45	GPa	ASTM 790
Esfuerzo de compresión	24/46/60	MPa	1 / 2 / 5 % de Deformación, ISO 604
Módulo de compresión	2.76	GPa	ASTM D695
Esfuerzo de corte	75	MPa	ASTM D732
Ensayo de impacto Izod con entalle	0.214	J/cm	ASTM D256 Tipo A
Coeficiente de fricción dinámica	0.2		Seco vs. Acero; QTM55007
Factor K (desgaste)	201E-8	mm^3/N.m	QTM55010
Velocidad limite de presión	0.105	MPa.m/s	SF=4:1; QTM55007
Maquinabilidad	1		Rango 1-10, 1 fácil de maquinar

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Coeficiente de expansión	90	µm/m°C	ASTM E831
Conductividad	0.245	W/m.K	ASTM F433
Fusión	216	°C	Máximo cristalino; ASTM D3418
Máxima temperatura de servicio	93	°C	Temperatura del aire continuo
Mínima temperatura de servicio	-40	°C	
Deflexión a 1.8 MPa	93	°C	ASTM D648
Inflamabilidad	HB		Espesor 3.17 mm

Nota: 1 g/cm3 = 1000 kg/m3 ; 1 MPa = 1 N/mm2

emacin www.emacin.com.pe | Dirección: Jr. Cárcamo 540 - 542, Lima 1 Lima - Perú
Teléfono: (01) 715 - 0297 / 715 – 0298

1

Poliamida 6 SA (Nylon)

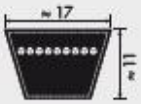
Duraflon®

CORPORACIÓN emacin

Propiedades de Resistencia Química	Valor	Comentario
Ácidos fuerte	No aceptable	pH 1-3
Ácidos débiles	Limitada	
Alcohol	Limitada	
Alcalinos fuertes	Limitada	pH 11-14
Disolventes clorados	Limitada	
Exposición al sol constante	Limitada	
Agua caliente	Limitada	
Hidrocarburos alifáticos	Aceptable	
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable	
Soluciones salinas inorgánicas	Aceptable	
Cetonas y esteres	Aceptable	

emacin
www.emacin.com.pe
Dirección: Jr. Cárcamo 540 - 542, Lima 1 Lima - Perú
Teléfono: (01) 715 - 0297 / 715 – 0298

STANDARD RANGE
optibelt VB CLASSIC V-BELTS
DIN 2215 / ISO 4184



B/17

Profile B/17

Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]	Inside length L_i [mm]	Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]	Inside length L_i [mm]	Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]	Inside length L_i [mm]	Belt no.	Datum length ISO L_d [mm]	Inside length L_i [mm]
B 23	610	570	B 51	1340	1300	B 87	2250	2210	B 140	3590	3550
B 24	655	615	B 52	1360	1320	B 88	2280	2240	B 142	3640	3600
B 25	670	630	B 52½	1375	1335	B 89	2301	2261	B 144	3698	3658
B 26	690	650	B 53	1390	1350	B 90	2326	2286	B 146	3740	3700
B 26½	710	670	B 53½	1400	1360	B 91	2340	2300	B 148	3790	3750
B 27	726	686	B 54	1412	1372	B 92	2377	2337	B 150	3850	3810
B 28	750	710	B 55	1440	1400	B 93	2400	2360	B 151	3890	3850
B 29	765	725	B 56	1462	1422	B 94	2428	2388	B 152	3901	3861
B 30	790	750	B 57	1490	1450	B 94½	2440	2400	B 154	3952	3912
B 31	815	775	B 58	1513	1473	B 95	2453	2413	B 155	3990	3950
B 32	840	800	B 59	1540	1500	B 96	2478	2438	B 156	4002	3962
B 32½	865	825	B 60	1565	1525	B 96½	2490	2450	B 158	4040	4000
B 33	876	836	B 61	1590	1550	B 97	2505	2465	B 160	4104	4064
B 34	890	850	B 62	1615	1575	B 98	2540	2500	B 162	4155	4115
B 34½	915	875	B 63	1640	1600	B 99	2555	2515	B 165	4240	4200
B 35	929	889	B 64	1665	1625	B 100	2580	2540	B 167	4290	4250
B 36	940	900	B 65	1690	1650	B 101	2605	2565	B 173	4434	4394
B 37	965	925	B 66	1716	1676	B 102	2640	2600	B 175	4490	4450
B 37½	990	950	B 67	1740	1700	B 103	2656	2616	B 177	4540	4500
B 38	1005	965	B 68	1765	1725	B 104	2690	2650	B 180	4612	4572
B 38½	1015	975	B 69	1790	1750	B 105	2707	2667	B 187	4790	4750
B 39	1040	1000	B 69½	1801	1761	B 106	2740	2700	B 195	4993	4953
B 40	1056	1016	B 70	1815	1775	B 107	2758	2718	B 197	5040	5000
B 40½	1070	1030	B 71	1840	1800	B 108	2790	2750	B 208	5340	5300
B 41	1080	1040	B 72	1869	1829	B 110	2840	2800	B 210	5374	5334
B 41½	1090	1050	B 73	1890	1850	B 112	2885	2845	B 220	5640	5600
B 42	1100	1060	B 74	1920	1880	B 114	2940	2900	B 236	6040	6000
B 42½	1115	1075	B 75	1940	1900	B 115	2961	2921	B 240	6136	6096
B 43	1130	1090	B 76	1970	1930	B 116	2990	2950	B 248	6340	6300
B 43¼	1140	1100	B 77	1990	1950	B 118	3040	3000	B 264	6740	6700
B 44	1160	1120	B 78	2021	1981	B 120	3088	3048	B 276	7040	7000
B 45	1190	1150	B 79	2040	2000	B 122	3139	3099	B 280	7140	7100
B 45½	1203	1163	B 80	2072	2032	B 124	3190	3150			
B 46	1215	1175	B 81	2100	2060	B 126	3240	3200			
B 46½	1220	1180	B 82	2123	2083	B 128	3290	3250			
B 47	1240	1200	B 83	2140	2100	B 130	3342	3302			
B 48	1255	1215	B 83½	2160	2120	B 132	3390	3350			
B 48½	1265	1225	B 84	2174	2134	B 134	3444	3404			
B 49	1290	1250	B 85	2200	2160	B 136	3490	3450			
B 50	1315	1275	B 86	2240	2200	B 138	3545	3505			

Maximum production length: 21 000 mm L_i
Minimum order quantity:
Over 1800 mm ≈
21 pieces for non-standard length ranges
63 pieces for special constructions
Weight: ≈ 0.196 kg/m

Datum length L_d ≙ Pitch length L_w/L_p Further sizes on request

Lengths in bold type are in S=C Plus (SetConstant).

© OPTIBELT GMBH, GERMANY

OVERVIEW – GEOMETRY DATA

optibelt KS V-GROOVED PULLEYS DIN 2211 SHEET 1 FOR WEDGE BELTS AND DIN 2217 SHEET 1 FOR CLASSIC V-BELTS

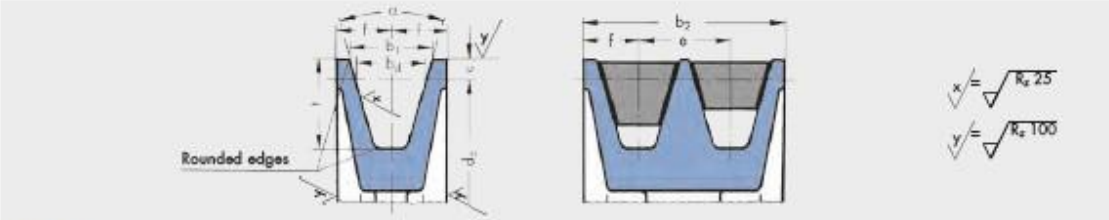


Table 14

V-belt profile	ISO designation	–	Y*	–	Z*	A*	B*	–	C*	–	D	E
	DIN 2215	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40
Wedge belt profile	DIN 7753 Part 1 and ISO	–	–	–	SPZ*	SPA*	SPB*	–	SPC*	–	–	–
b_d		4.2	5.3	6.7	8.5	11.0	14.0	17.0	19.0	21.0	27.0	32.0
$b_1 \approx$		5.0	6.3	8.0	9.7	12.7	16.3	20.0	22.0	25.0	32.0	40.0
c		1.3	1.6	2.0	2.0	2.8	3.5	5.1	4.8	6.3	8.1	12.0
e		6 ± 0.3	8 ± 0.3	10 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	23 ± 0.4	25.5 ± 0.5	29 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7
f		5 ± 0.5	6 ± 0.5	7 ± 0.6	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	15 ± 0.8	17 ± 1.0	19 ± 1.0	24 ± 2.0	29 ± 2.0
t	Endless V-belts	6 + 0.6 0	7 + 0.6 0	9 + 0.6 0	11 + 0.6 0	14 + 0.6 0	18 + 0.6 0	18 + 0.6 0	24 + 0.6 0	22 + 0.6 0	28 + 0.6 0	33 + 0.6 0
	Open-ended V-belts DIN 2216							21 + 0.6 0		26 + 0.6 0	33 + 0.6 0	38 + 0.6 0
$d_{d\,min}$	V-belts	20	28	40	50	71	112	160	180	250	355	500
	Wedge belts	–	–	–	63	90	140	–	224	–	–	–
α		32° ± 1° $d_d \leq 50$	32° ± 1° $d_d \leq 63$	32° ± 1° $d_d \leq 75$	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	–	–	34° ± 1° $d_d \leq 80$	34° ± 1° $d_d \leq 118$	34° ± 1° $d_d \leq 190$	34° ± 1° $d_d \leq 250$	34° ± 1° $d_d \leq 315$	34° ± 1° $d_d \leq 355$	–	–
		36° ± 1° $d_d > 50$	36° ± 1° $d_d > 63$	36° ± 1° $d_d > 75$	–	–	–	–	–	–	36° ± 30′ $d_d \leq 500$	36° ± 30′ $d_d \leq 630$
		–	–	–	38° ± 1° $d_d > 80$	38° ± 1° $d_d > 118$	38° ± 1° $d_d > 190$	38° ± 1° $d_d > 250$	38° ± 30′ $d_d > 315$	38° ± 30′ $d_d > 355$	38° ± 30′ $d_d > 500$	38° ± 30′ $d_d > 630$
Face width b_2 for number of grooves z $b_2 = (z - 1)\,e + 2\,f$	1	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0	25.0	30.0	34.0	38.0	48.0	58.0
	2	16.0	20.0	24.0	28.0	35.0	44.0	53.0	59.5	67.0	85.0	102.5
	3	22.0	28.0	34.0	40.0	50.0	63.0	76.0	85.0	96.0	122.0	147.0
	4	28.0	36.0	44.0	52.0	65.0	82.0	99.0	110.5	125.0	159.0	191.5
	5	34.0	44.0	54.0	64.0	80.0	101.0	122.0	136.0	154.0	196.0	236.0
	6	40.0	52.0	64.0	76.0	95.0	120.0	145.0	161.5	183.0	233.0	280.5
	7		60.0	74.0	88.0	110.0	139.0	168.0	187.0	212.0	270.0	325.0
	8			84.0	100.0	125.0	158.0	191.0	212.5	241.0	307.0	369.5
	9				112.0	140.0	177.0	214.0	238.0	270.0	344.0	414.0
	10					155.0	196.0	237.0	263.5	299.0	381.0	458.5
	11						215.0	260.0	289.0	328.0	418.0	503.0
	12							283.0	314.5	357.0	455.0	547.5

(values in mm)

* These V-grooved pulleys are also suitable for optibelt SUPER TX M-S V-belts, optibelt SUPER XE-POWER PRO M-S and optibelt SUPER X-POWER M-S.

© OPTIBELT GMBH, GERMANY

Información del producto

Descripción de catálogo

R27DRN80M4
Motorreductores de engranajes cilíndricos R..DRN.. (IE3)

Datos de producto

Velocidad nominal del motor	[1/min]	: 1751
Velocidad de salida	[1/min]	: 148
Índice de reducción total		: 11.86
Par de salida	[Nm]	: 49
Factor de servicio SEW-FB		: 2.70
Posición de montaje		: M1
Pintura imprimación/CapaFinal		: Sin pintar
Posición de la caja de bornes [°]	[°]	: 0
Posición de entrada del cable		: X
Eje de salida	[mm]	: 25x50
Tipo de diseño		: Diseño con patas
Salida de carga radial permitida a n=1750	[N]	: 2240
Cantidad de lubricante 1er reductor	[Litro]	: 0.25
Potencia del motor	[kW]	: 0.75
Factor de duración		: S1-100%
Clase eficiente		: IE3
Eficiencia (50/75/100% Pn)	[%]	: 82 / 84.9 / 85.5
Marcado CE		: No
Tensión del motor	[V]	: 230
Tipo de conexión		: Triángulo
Esquema de conexionado		: R13
Frecuencia	[Hz]	: 60
Corriente nominal	[A]	: 3.1
Cos Phi		: 0.70
Clase de aislamiento		: 155(F)
Tipo protección del motor		: IP55
Requisito del diseño		: IEC60034 (sin CE)
Momentos de inercia de masa (en referencia al lado de entrada)	[10^{-4} kgm²]	: 24.70
Peso	[kg]	: 17,00

Caracteristicas adicionales

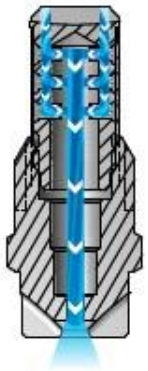
Eje de salida: 25x50 mm
Aislamiento térmico 155(F)
Grado de protección IP 55
Tensión, frecuencia, bobinado
ECO2 aluminio natural

VEEJET® NOZZLES

S STANDARD ANGLE SPRAY

OVERVIEW: VEEJET H AND U

- Flat spray nozzles are ideal for use in spray headers or manifolds. They produce a fan-type, tapered-edge spray pattern to ensure even coverage when multiple nozzles are used in a series
- Solid stream (0° spray angle) available to achieve highest impact of any nozzle type
- Consistent performance over the industry's largest range of flow rates and pressures
- Some models feature an integral strainer
- High pressure/high impact versions available
- Quick-connect versions available to speed maintenance and installation



VeeJet H and U Nozzles
As the liquid exits through the sharp V shape cut of the orifice, it forms into a flat spray pattern. The distribution is tapered from the center of the spray.

VEEJET H AND U NOZZLES

- Flat fan type, tapered edge spray pattern
- One-piece design
- Spray angles from 0° to 110°
- Uniform spray distribution with flow rates from .012 to 1237 gpm (.047 to 4720 lpm)
- Operating pressures up to 500 psi (35 bar)

H-U
1/8" to 3/4" male conn.
Flow rates of 1 gpm and greater at 40 psi
(3.8 lpm and greater at 2.8 bar)

H-VV and H-VVL
1/8" to 1/4" male conn.
Flow rates below 1 gpm at 40 psi
(3.8 lpm at 2.8 bar)
H-VVL includes integral strainer

VEEJET H AND U OPTIONS

H-DT
1/8" to 1/4" female conn.
Flow rates below 1 gpm at 40 psi
(3.8 lpm at 2.8 bar)

H-DU
1/8" to 1/4" female conn.
Flow rates of 1 gpm and greater at 40 psi
(3.8 lpm and greater at 2.8 bar)

U
1" to 2" male conn.
Flow rates of 40 gpm and greater at 40 psi
(151 lpm and greater at 2.8 bar)

RELATIVE DROP SIZE
IN MICRONS

10 to 100	100 to 500	500 to 1000	1000 to 5000

Drop size will vary based on flow rate and pressure.

ORDERING INFORMATION

VEEJET H-DT, H-DU, H-U, H-VV AND H-VVL

Nozzle Prefix	Inlet Conn.	Nozzle Type	–	Material Code	Spray Angle	Capacity Size

Example

H	1/4	VV	–	SS	110	10

BSPT connections require the addition of a "B" prior to the inlet connection.

VEEJET U

Inlet Conn.	Nozzle Type	–	Material Code	Spray Angle	Capacity Size

Example

1	U	–	SS	50	500

BSPT connections require the addition of a "B" prior to the inlet connection.

QUICK REFERENCE GUIDE

Model	Connection	Connection Size (in.)	Materials	Page Number	
				Performance Data	Dimensions and Weights
H-DT	F	1/8 to 1/4	Brass, 303 stainless steel (SS)	C6–C8	C13
H-DU	F	1/8 to 1/4	Brass, 303 stainless steel (SS), Polyvinyl chloride (PVC)	C9–C13	
H-U	M	1/8 to 3/4	Brass, Mild steel (I), 303 stainless steel (SS), 316 stainless steel (316SS), Polyvinyl chloride (PVC)	C9–C13	
H-VV	M	1/8 to 1/4	Brass, Mild steel (I), 303 stainless steel (SS), 316 stainless steel (316SS)	C6–C8	
H-VVL	M	1/8 to 1/4	Brass, 303 stainless steel (SS), 316 stainless steel (316SS)	C6–C8	
U	M	1 to 2	Brass, Mild steel (I), 303 stainless steel (SS)	C9–C13	

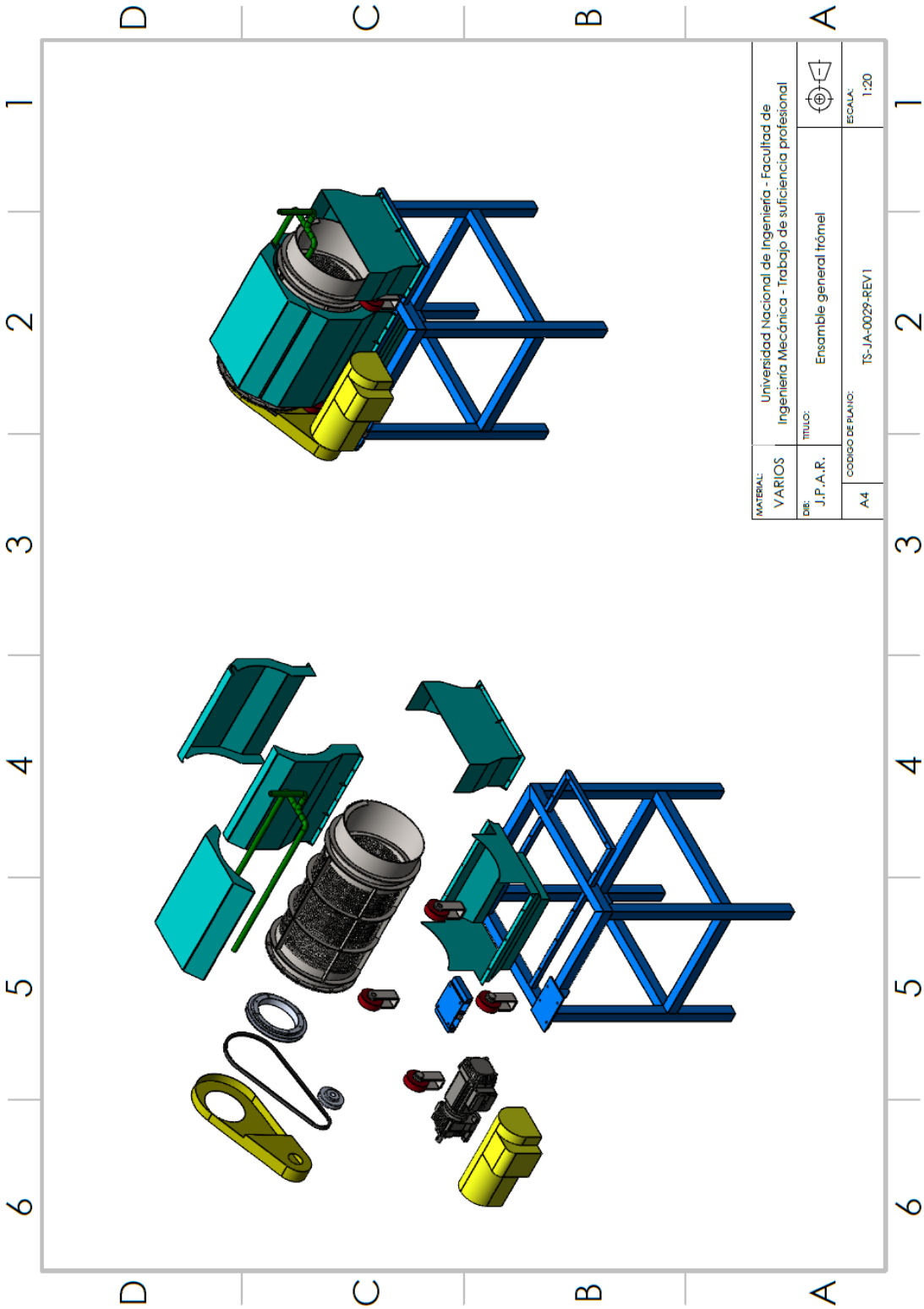
F = female thread; M = male thread. There is no material code for brass. Leave material code blank when ordering. Other materials available upon request.
For more dimensions and sizes, contact your sales engineer.

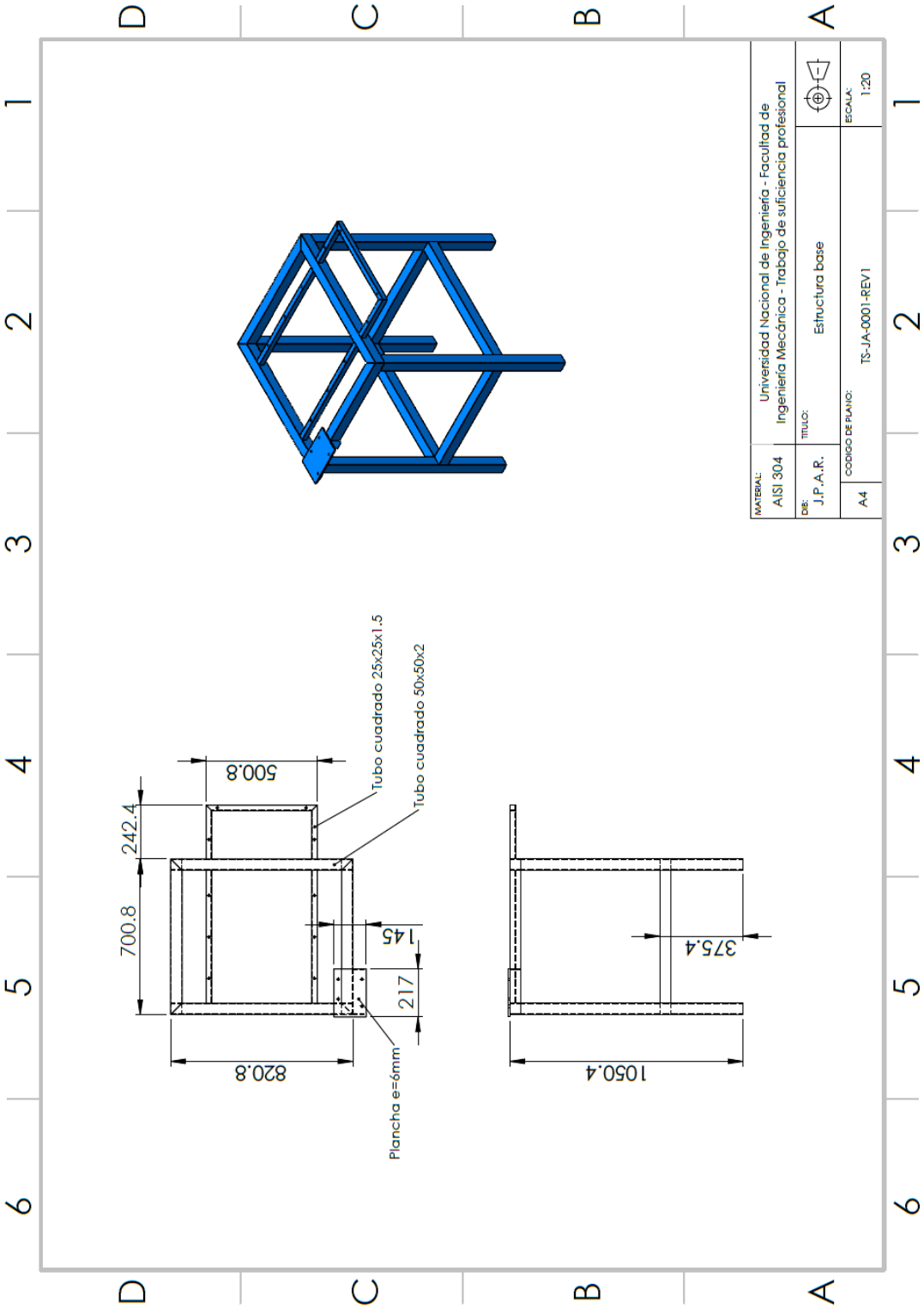
S PERFORMANCE DATA: STANDARD ANGLE SPRAY

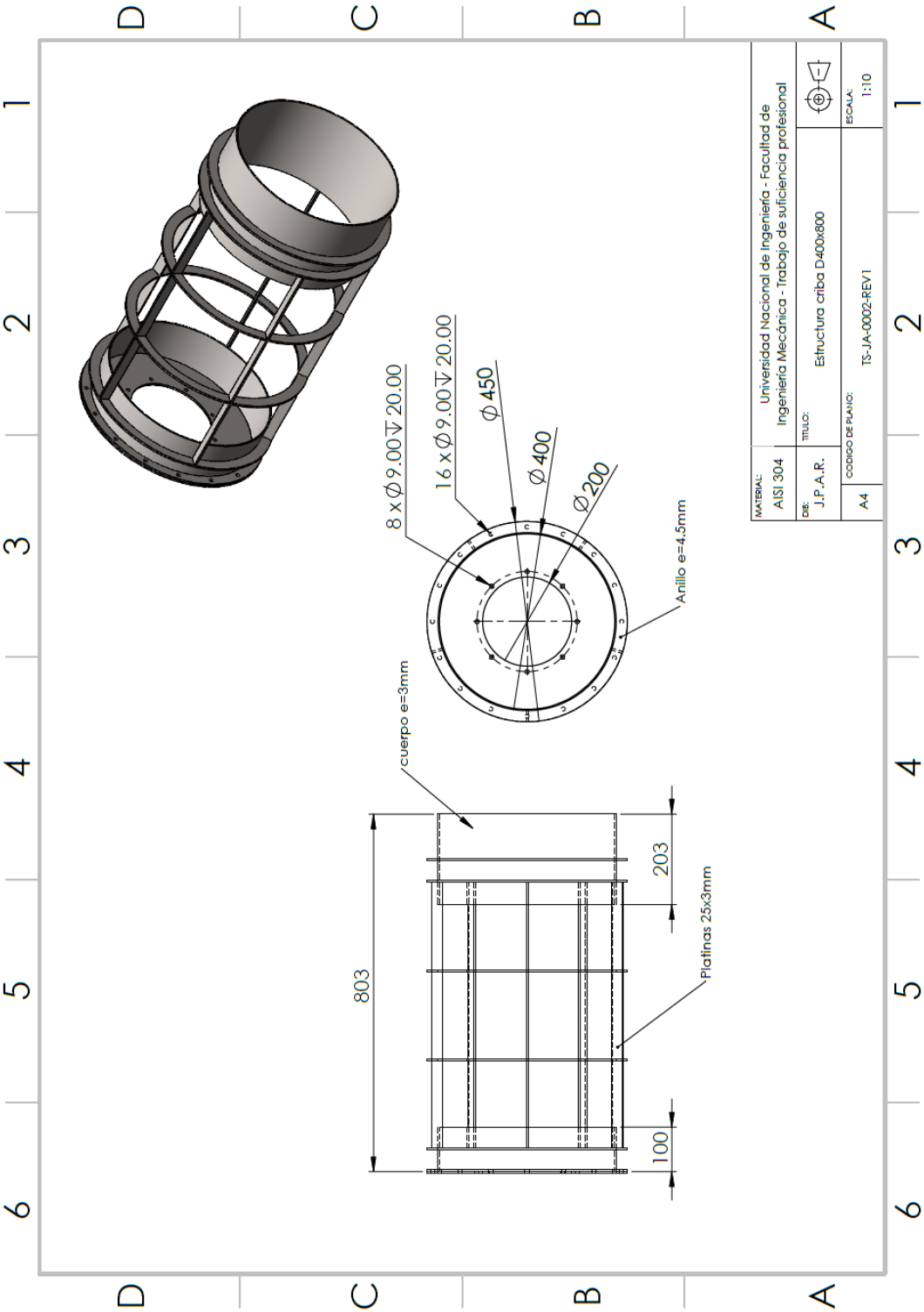
Spray Angle at 40 psi	Nozzle Type/ Inlet Conn. (in.)						Capacity Size	Equiv. Orifice Dia. (in.)	Flow Rate Capacity (gallons per minute)									Spray Angle (°)			
	H-VV		H-VVL		H-DT				5 psi	10 psi	20 psi	40 psi	80 psi	100 psi	200 psi	300 psi	500 psi	20 psi	40 psi	80 psi	200 psi
	1/8	1/4	1/8	1/4	1/8	1/4															
110°	•	•	•	•			01	.026	.035	.05	.07	.10	.14	.16	.22	.27	.35	94	110	121	124
	•	•	•	•			015	.032	.05	.08	.11	.15	.21	.24	.34	.41	.53	97	110	121	124
	•	•	•	•		•	02	.035	.07	.10	.14	.20	.28	.32	.45	.55	.71	98	110	120	123
	•	•	•	•		•	03	.043	.11	.15	.21	.30	.42	.47	.67	.82	1.1	99	110	120	123
	•	•	•	•	•	•	04	.050	.14	.20	.28	.40	.57	.63	.89	1.1	1.4	100	110	119	122
	•	•	•	•		•	05	.056	.18	.25	.35	.50	.71	.79	1.1	1.4	1.8	100	110	118	122
	•	•	•	•	•	•	06	.061	.21	.30	.42	.60	.85	.95	1.3	1.6	2.1	101	110	117	122
	•	•	•	•		•	08	.071	.28	.40	.57	.80	1.1	1.3	1.8	2.2	2.8	102	110	117	121
	•	•	•	•	•	•	10	.079	.35	.50	.71	1.0	1.4	1.6	2.2	2.7	3.5	103	110	117	119
	•	•	•	•		•	15	.094	.53	.75	1.1	1.5	2.1	2.4	3.4	4.1	5.3	104	110	117	118
95°	•		•		•		0050	.018	–	–	.035	.050	.07	.08	.11	.14	.18	81	95	105	113
	•	•	•	•			01	.026	.035	.05	.07	.10	.14	.16	.22	.27	.35	81	95	105	113
	•		•	•			015	.032	.05	.08	.11	.15	.21	.24	.34	.41	.53	82	95	105	113
	•	•	•	•	•	•	02	.035	.07	.10	.14	.20	.28	.32	.45	.55	.71	82	95	105	113
	•	•	•	•		•	03	.043	.11	.15	.21	.30	.42	.47	.67	.82	1.1	83	95	104	111
	•	•	•	•	•	•	04	.050	.14	.20	.28	.40	.57	.63	.89	1.1	1.4	84	95	103	108
	•	•	•	•	•		05	.056	.18	.25	.35	.50	.71	.79	1.1	1.4	1.8	84	95	102	107
	•	•	•	•	•	•	06	.061	.21	.30	.42	.60	.85	.95	1.3	1.6	2.1	86	95	101	106
	•				•		065	.064	.23	.33	.46	.65	.92	1.0	1.5	1.8	2.3	86	95	101	106
	•	•	•	•	•	•	08	.071	.28	.40	.57	.80	1.1	1.3	1.8	2.2	2.8	87	95	100	105
80°	•	•	•	•			0050	.018	–	–	.035	.050	.07	.08	.11	.14	.18	61	80	95	101
	•	•	•	•			0067	.021	–	.033	.05	.067	.09	.11	.15	.18	.24	67	80	94	99
	•	•	•	•	•	•	01	.026	–	.05	.07	.10	.14	.16	.22	.27	.35	68	80	89	92
		•	•	•		•	015	.032	–	.08	.11	.15	.21	.24	.34	.41	.53	68	80	89	92
	•	•	•	•	•	•	02	.035	.07	.10	.14	.20	.28	.32	.45	.55	.71	69	80	88	91
	•	•	•	•	•	•	03	.043	.11	.15	.21	.30	.42	.47	.67	.82	1.1	70	80	87	90
	•	•	•	•	•	•	04	.050	.14	.20	.28	.40	.57	.63	.89	1.1	1.4	71	80	86	89
	•	•	•	•	•	•	05	.056	.18	.25	.35	.50	.71	.79	1.1	1.4	1.8	71	80	86	89
	•	•	•	•	•	•	06	.061	.21	.30	.42	.60	.85	.95	1.3	1.6	2.1	72	80	85	88
	•				•	•	07	.066	.25	.35	.49	.70	.99	1.1	1.6	1.9	2.5	72	80	85	88
	•	•	•	•	•	•	08	.071	.28	.40	.57	.80	1.1	1.3	1.8	2.2	2.8	72	80	84	87
		•		•	•	•	09	.075	.32	.45	.64	.90	1.3	1.4	2.0	2.5	3.2	73	80	84	87

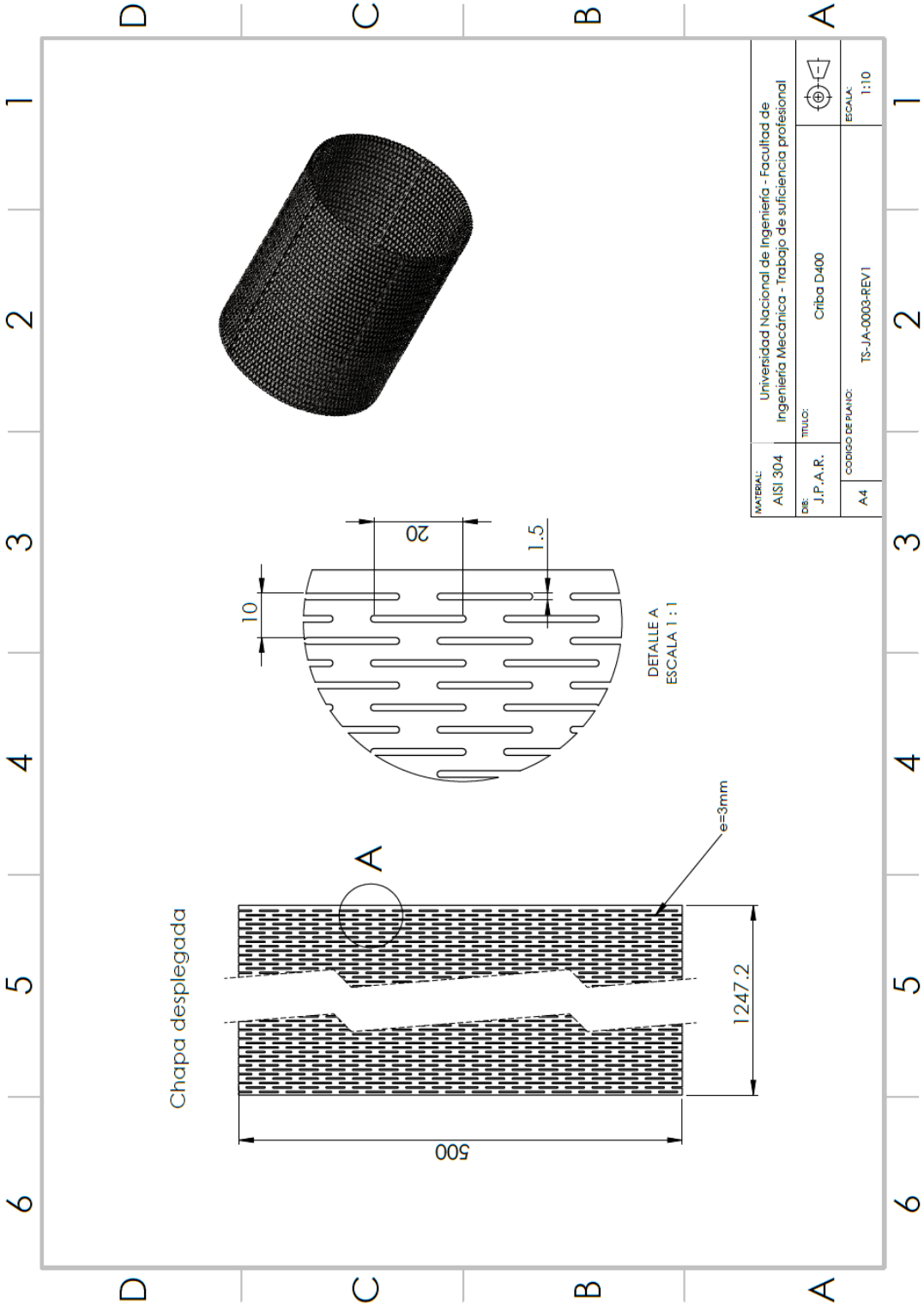
Highlighted column shows the rated pressure.

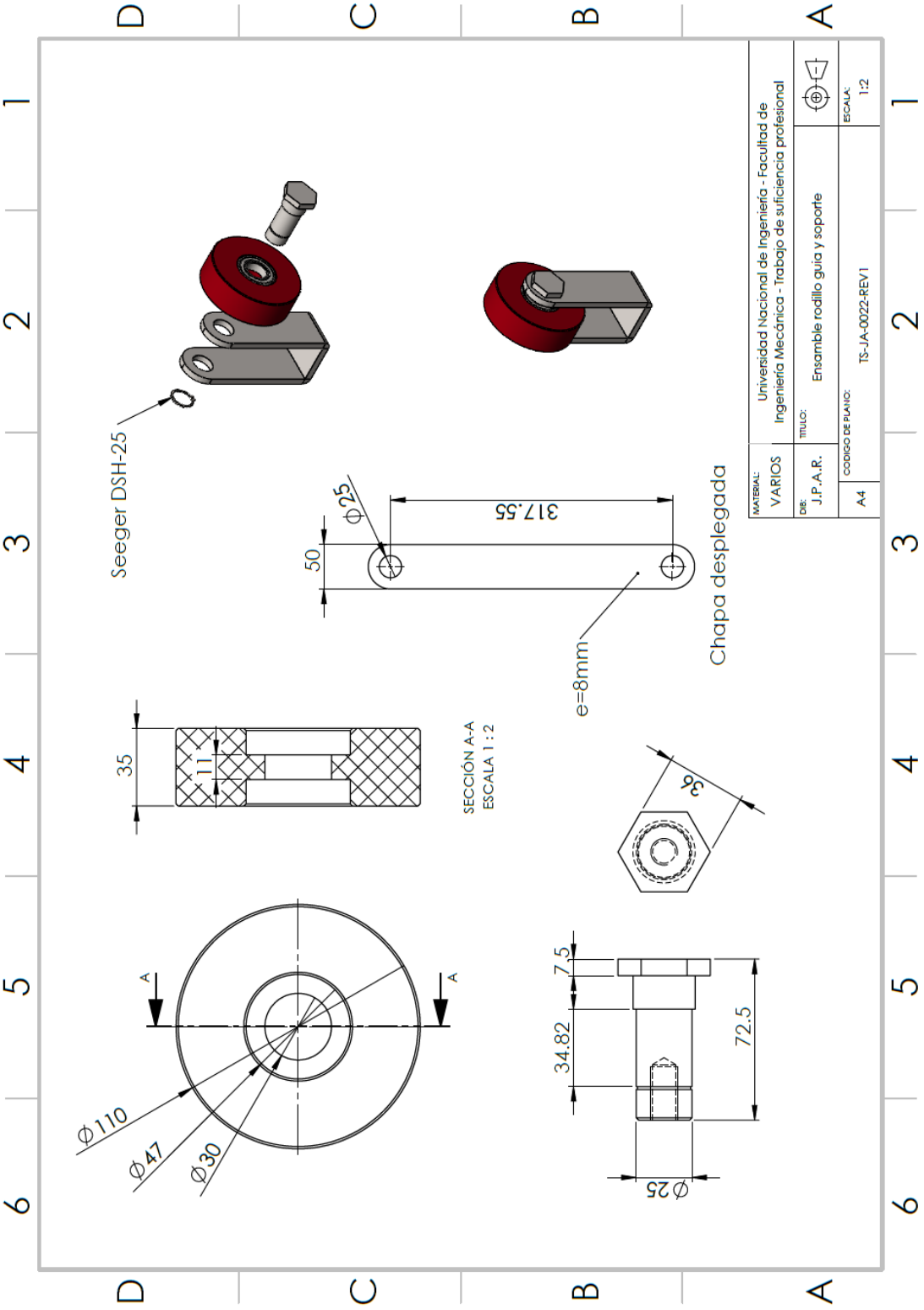
ANEXO D: Planos

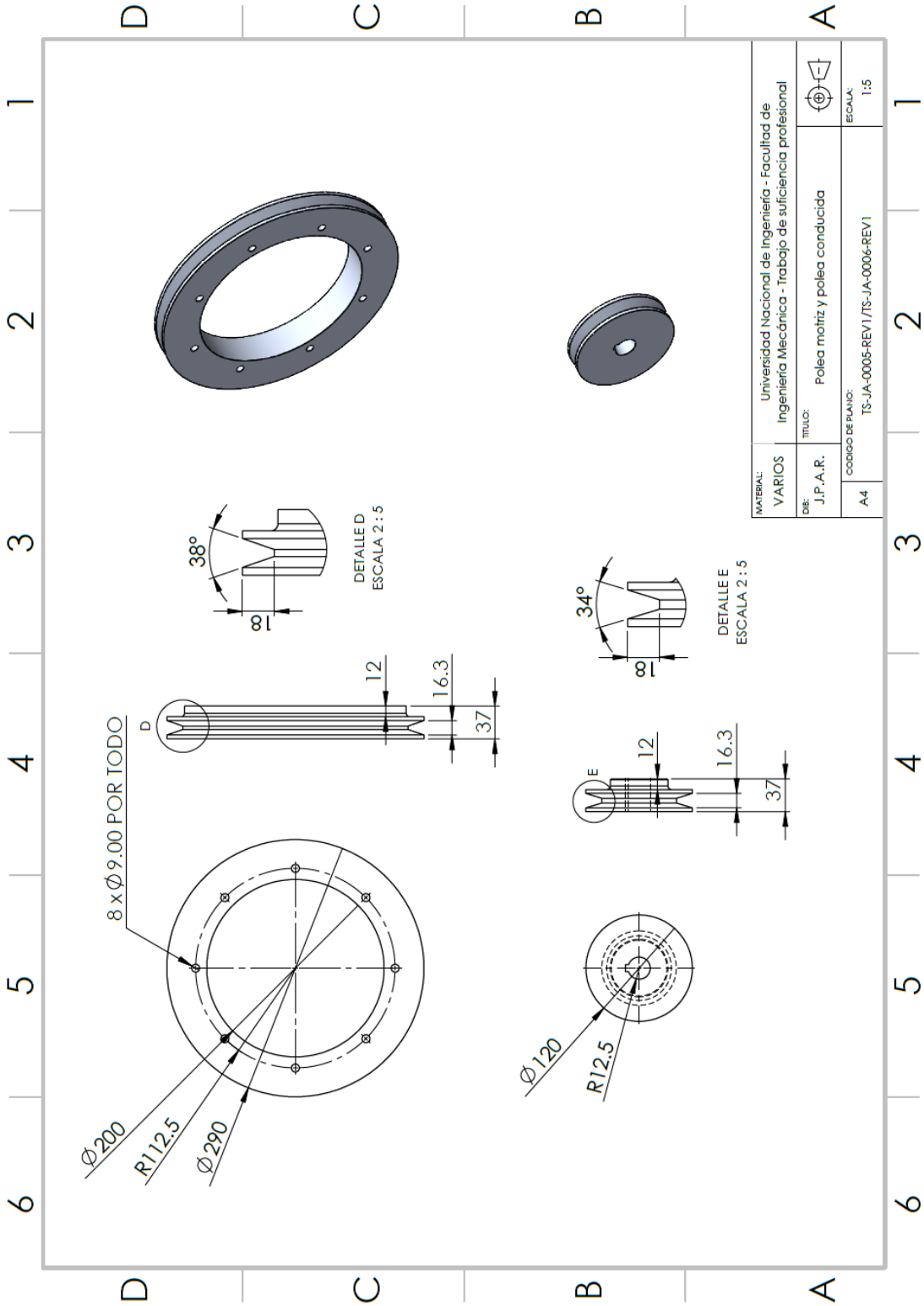


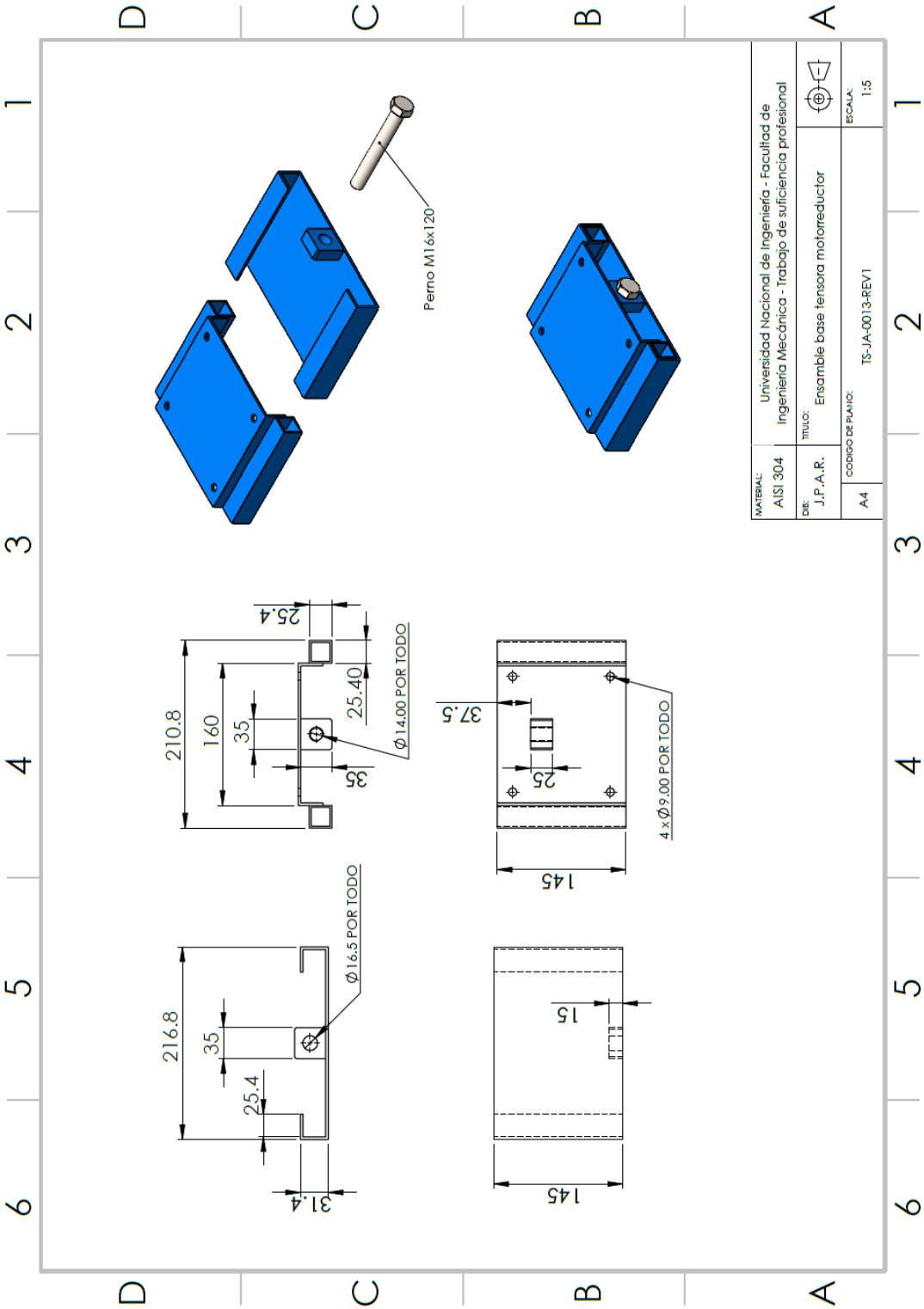

Tubo cuadrado 25x25x1.5
Tubo cuadrado 50x50x2
500.8
242.4
700.8
145
217
820.8
Plancha e=6mm
375.4
1050.4
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Estructura base
A4
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0001-REV1
ESCALA:
1:20

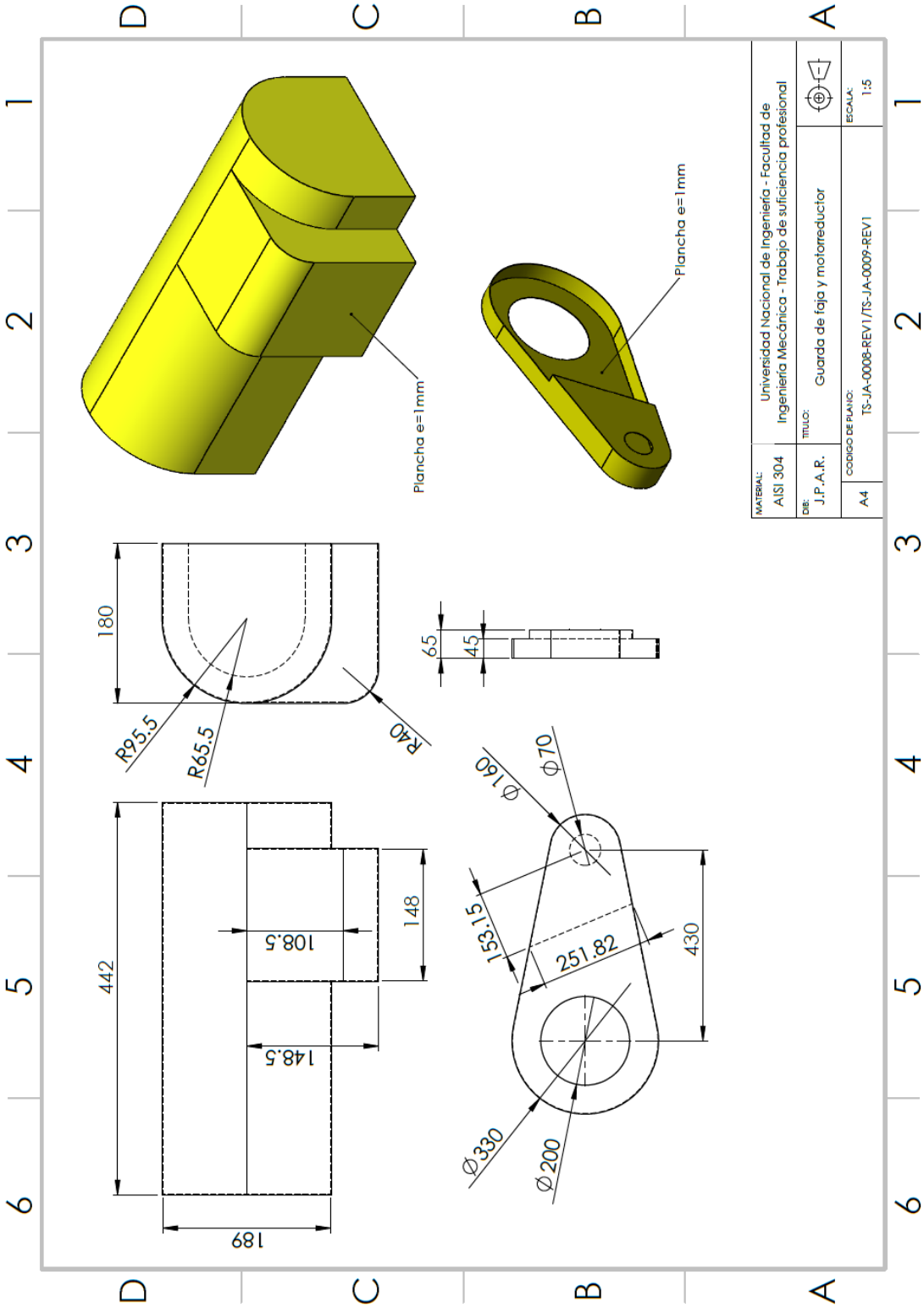

8 x Ø9.00 ↧ 20.00
16 x Ø9.00 ↧ 20.00
Ø450
Ø400
Ø200
Anillo e=4.5mm
cuerpo e=3mm
803
203
100
Platinas 25x3mm
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Estructura criba D400x800
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0002-REV1
A4
ESCALA:
1:10

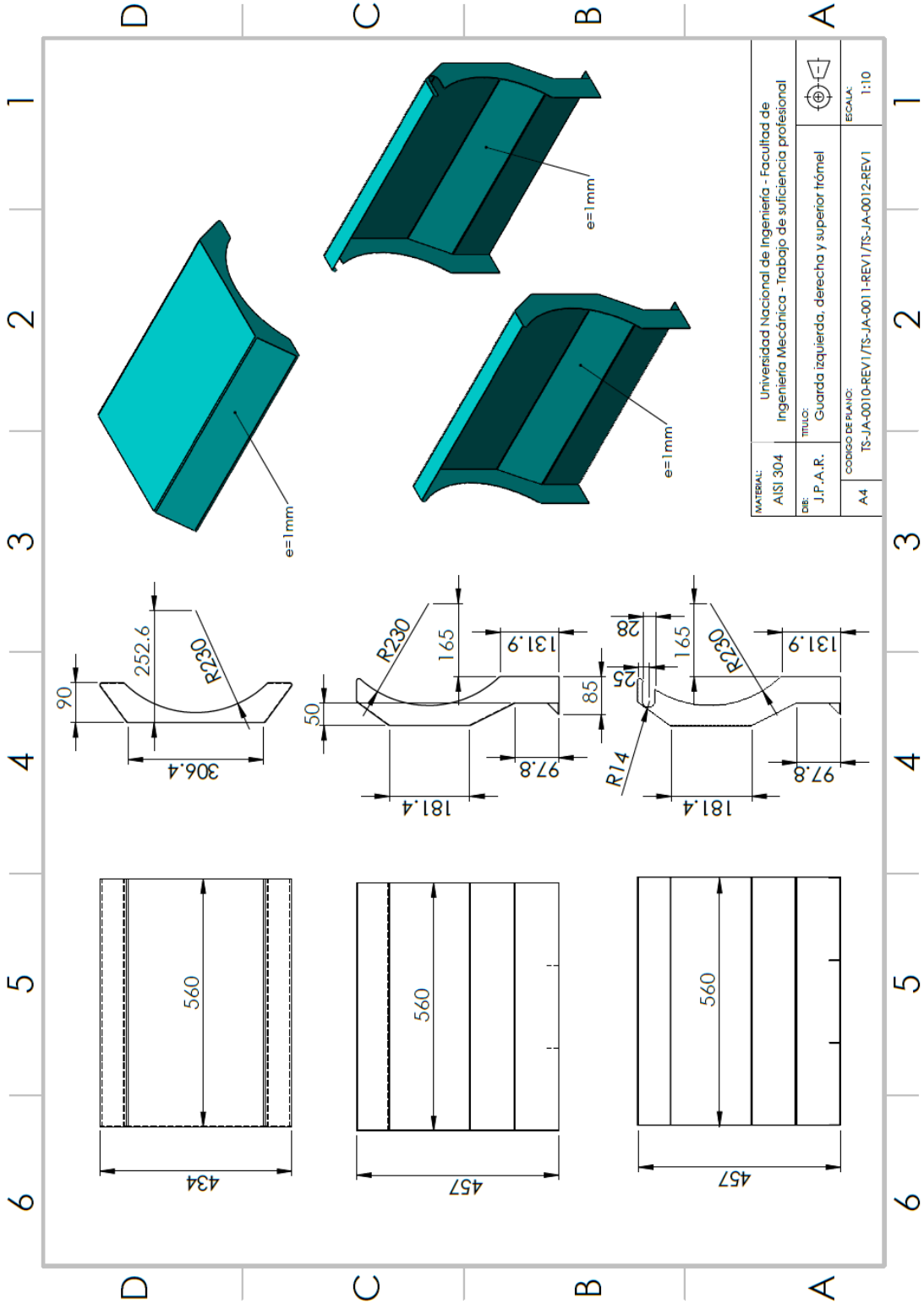

Chapa desplegada
500
1247.2
A
e=3mm
10
20
1.5
DETALLE A
ESCALA 1 : 1
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de
Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Criba D400
A4
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0003-REV1
ESCALA:
1:10

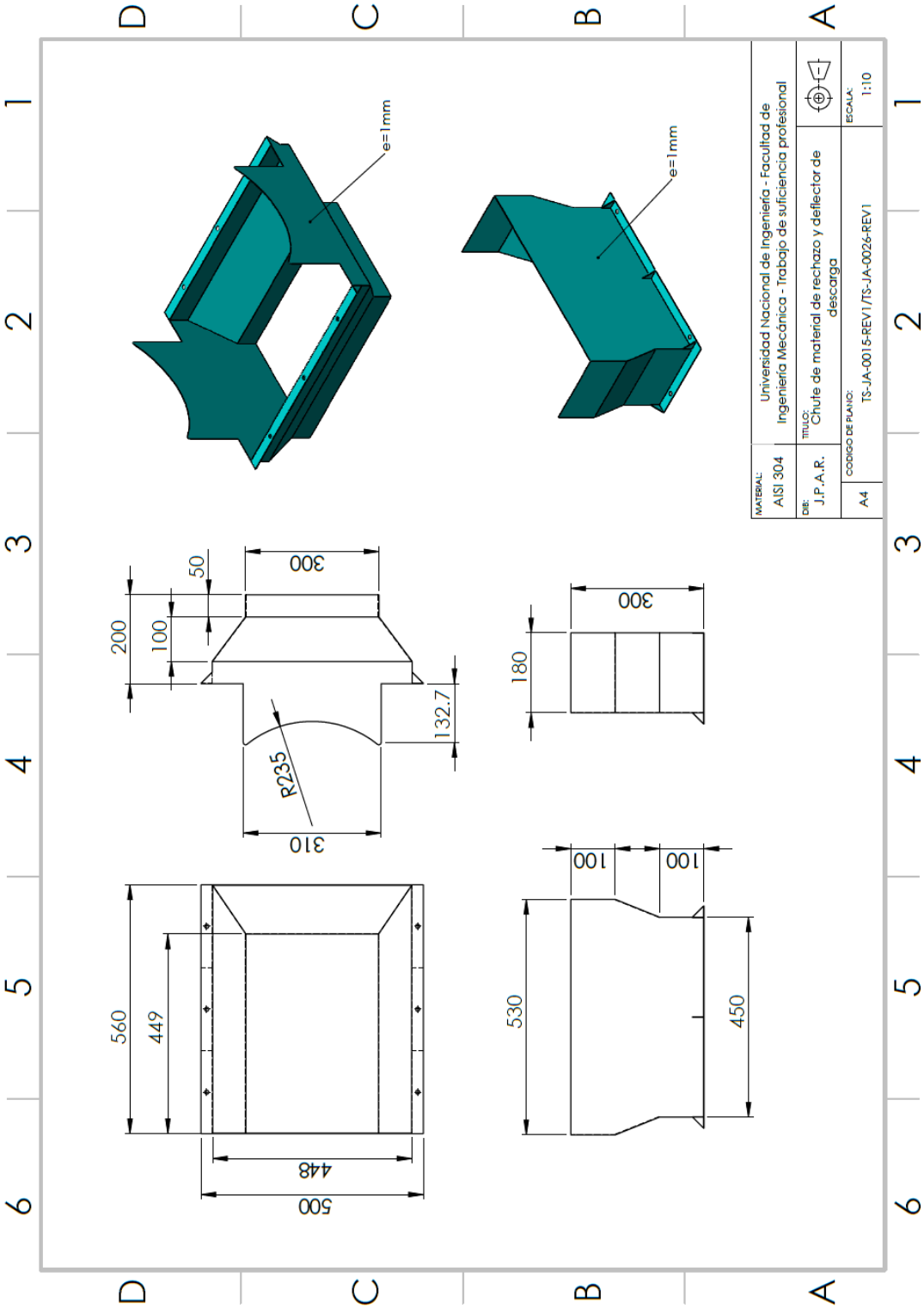

Seeger DSH-25
Chapa desplegada
e=8mm
317.55
50
ϕ25
35
11
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2
A
A
ϕ110
ϕ47
ϕ30
36
7.5
34.82
72.5
ϕ25
MATERIAL:
VARIOS
DIB:
J.P.A.R.
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de
Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
TITULO:
Ensamble rodillo guia y soporte
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0022-REV1
A4
ESCALA:
1:2


8 x Ø 9.00 POR TODO
Ø200
R112.5
Ø290
Ø120
R12.5
D
E
12
16.3
37
38°
18
34°
DETALLE D
ESCALA 2 : 5
DETALLE E
ESCALA 2 : 5
MATERIAL:
VARIOS
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Polea motriz y polea conducida
A4
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0005-REV1/TS-JA-0006-REV1
ESCALA:
1:5


Perno M16x120
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
MATERIAL:
AISI 304
DIB:
J.P.A.R.
TÍTULO:
Ensamble base tensora motorreductor
CÓDIGO DE PLANO:
TS-JA-0013-REV1
A4
ESCALA:
1:5
210.8
160
35
35
25.40
25.4
Ø14.00 POR TODO
216.8
35
25.4
31.4
Ø16.5 POR TODO
37.5
25
145
4 x Ø9.00 POR TODO
145
15


Plancha e=1mm
Plancha e=1mm
180
R95.5
R65.5
R40
65
45
442
108.5
148
148.5
189
Ø160
Ø70
153.15
251.82
430
Ø330
Ø200
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Guarda de faja y motorreductor
A4
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0008-REV1/TS-JA-0009-REV1
ESCALA:
1:5


e=1mm
e=1mm
e=1mm
90
252.6
R230
306.4
50
R230
165
131.9
85
181.4
97.8
28
25
R14
165
R230
131.9
181.4
97.8
560
560
560
434
457
457
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Guarda izquierda, derecha y superior trómel
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0010-REV1/TS-JA-0011-REV1/TS-JA-0012-REV1
A4
ESCALA:
1:10


e=1mm
e=1mm
300
50
200
100
132.7
R235
310
300
180
560
449
448
500
100
100
530
450
MATERIAL:
AISI 304
Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Mecánica - Trabajo de suficiencia profesional
DIB:
J.P.A.R.
TITULO:
Chute de material de rechazo y deflector de descarga
A4
CODIGO DE PLANO:
TS-JA-0015-REV1/TS-JA-0026-REV1
ESCALA:
1:10