



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Rediseño de rotor de cocina de pescado de 50 t/h para
planta harinera en el puerto de Chancay**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Jose Alejandro Acuña Cueva

Asesor:
Dr. Ing. Miguel Buenaventura Castro Sánchez

Piura, enero de 2024

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Jose Alejandro Acuña Cueva, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánica - Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 74777725.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Rediseño de rotor de cocina de pescado de 50 t/h para planta harinera en el puerto de Chancay"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico - Eléctrico.
2. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Dr. Miguel Buenaventura Castro Sánchez, identificado con DNI N° 02821943
3. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
4. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
5. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
6. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 10/12/2023.



Firma del autor optante³

¹Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

²Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³Además el DNI no se admite digital (solo certificado).

Dedicatoria

La presente investigación se la dedico a mi abuela que me cuida desde el cielo, a mi familia en Piura y mi familia en Lima, a mis compañeros de Enercom y a los operadores de todas las plantas que visité.



Resumen

El objetivo de la presente investigación es analizar la problemática de un rotor de cocina de pescado deteriorado con inconvenientes en la evacuación de condensado en el puerto de Chancay, cuyo repuesto ha sido discontinuado, para ello se planteará el rediseño como solución, a fin de mejorar la eficiencia operativa.

Como parte del estudio, se utilizará como metodología la inspección del rotor deteriorado, el diseño e implementación de un nuevo rotor con características similares para preservar la capacidad de producción de la cocina.

En suma, el diseño planteado considera un modelo matemático basado en la temperatura media logarítmica, el área de transferencia y la razón de transferencia de calor, además, considera el análisis del esfuerzo producido por el peso del rotor.

Cabe resaltar que, en el rotor a diseñar se mantiene el diámetro y altura del rotor antiguo, pero se agregan 3 aletas aumentando el área de transferencia del rotor de 119.57 m^2 a 124.52 m^2 , mejorando la razón de transferencia de calor de la cocina a 4072.59 kW que con el rotor antiguo era de 3955.56 kW . Asimismo, se evalúa la resistencia del rotor como una viga simplemente apoyada, encontrando un esfuerzo máximo de 80 MPa , con un factor de seguridad de 3.13.

Finalmente, el nuevo diseño de rotor, que se ha fabricado, montado y probado en la planta de Chancay, ha permitido alcanzar temperaturas entre 85 y 100°C , además, al implementar una junta rotatoria en el sistema de evacuación de condensado se ha logrado una evacuación continua, asegurando la correcta cocción del pescado, lo que, en conjunto cumple con las expectativas establecidas en el rediseño, pudiéndose replicar en equipos similares.

Tabla de contenido

Introducción	12
Capítulo 1 Aspectos de la problemática a través de los estudios teóricos	14
1.1. Harina de pescado	14
1.1.1. La importancia de las pesqueras en la economía del Perú	17
1.2. Equipos empleados en la producción de harina de pescado	20
1.2.1. El cocedor de pescado	22
1.2.2. El pre-strainer rotativo	24
1.2.3. La prensa de pescado	24
1.2.4. La separadora de sólidos	25
1.2.5. El secador rotadiscos	26
1.2.6. El secador rotatubos	27
1.2.7. El secador de aire caliente	28
1.2.8. El enfriador de harina de pescado	32
1.2.9. El molino seco de harina de pescado	33
1.2.10. El evaporador de película descendente	34
1.3. El impacto de la operatividad del cocedor de pescado en la producción de harina	35
1.4. Los componentes del cocedor de pescado	36
1.4.1. El rotor	36
1.4.2. La carcasa o estator	38
1.4.3. El sistema de transmisión	39
1.4.4. El sistema de alimentación de vapor	39
1.4.5. El sistema de extracción de condensado e incondensables	40
1.5. La necesidad del overhaul del rotor de cocedor de pescado	42
1.5.1. Enercom: antecedentes	43
1.5.2. Soluciones de ingeniería	43
Capítulo 2 El rotor de la cocina de pescado: desarrollo y ejecución	45

2.1. La ejecución del rediseño, fabricación y montaje.....	45
2.1.1. El procedimiento de desmontaje del rotor	45
2.1.2. El rediseño del rotor	53
2.1.3. Simulación del diseño.....	60
2.1.4. El proceso de fabricación del rotor	63
2.1.5. El procedimiento de montaje del rotor.....	73
2.1.6. La puesta en marcha del cocedor	84
2.1.7. Beneficios y dificultades de la implementación.....	84
2.1.8. Resultados	85
Conclusiones.....	87
Referencias	89
Planos	94



Lista de tablas

Tabla 1. <i>Valor nutricional de la anchoveta</i>	15
Tabla 2. <i>Calidades de harina de pescado</i>	16
Tabla 3. <i>Características para las distintas calidades de harina de pescado</i>	17
Tabla 4. <i>Datos de rotor existente</i>	55
Tabla 5. <i>Datos de rotor nuevo</i>	58
Tabla 6. <i>Comparación entre rotor antiguo y rotor nuevo</i>	85



Lista de figuras

Figura 1. <i>Estimación de la producción de harina de pescado por país en miles de toneladas para el año 2023.</i>	18
Figura 2. <i>Evolución del Aporte del Sector Pesquero al Producto Bruto Interno 2007-2019</i>	19
Figura 3. <i>PBI de la actividad pesquera y participación en el PBI Nacional 2021</i>	19
Figura 4. <i>Proceso productivo de la harina y el aceite de pescado</i>	21
Figura 5. <i>Cocina de pescado marca Enercom modelo C-170-F.</i>	23
Figura 6. <i>Pre-strainer marca Kontinuer.</i>	24
Figura 7. <i>Prensa doble tornillo marca Haarslev.</i>	25
Figura 8. <i>Separadora de sólidos.</i>	25
Figura 9. <i>Secadores rotadiscos Enercom modelo RD500.</i>	26
Figura 10. <i>Secador Rotatubos Enercom modelo SV1400.</i>	27
Figura 11. <i>Secador Aire Caliente Gas-Gas Enercom modelo SAC 8000.</i>	29
Figura 12. <i>Diagrama esquemático de flujos de un secador aire caliente gas-gas con recirculación de gases calientes.</i>	30
Figura 13. <i>Diagrama esquemático de flujos de un secador aire caliente con intercambiador de fluido térmico.</i>	31
Figura 14. <i>Diagrama esquemático de flujos de un secador con recirculación intensiva.</i>	32
Figura 15. <i>Enfriador de harina de pescado marca Enercom.</i>	33
Figura 16. <i>Molino seco marca Enercom modelo MS10.</i>	34
Figura 17. <i>Isométrico de una planta de agua de cola o evaporador de película descendente.</i>	35
Figura 18. <i>Rotor nuevo para cocina de pescado de 50 t/h.</i>	36
Figura 19. <i>Vista interna del rotor de la cocina de pescado desde el lado de descarga.</i>	36
Figura 20. <i>Puntas de eje del rotor de la cocina de pescado.</i>	37
Figura 21. <i>Soporte de pie o chumacera de punta de eje del rotor de la cocina de pescado.</i> ...	37
Figura 22. <i>Carcasa de la cocina de pescado con el rotor desmontado.</i>	38
Figura 23. <i>Sistema de transmisión de la cocina de pescado con la guarda desmontada.</i>	39
Figura 24. <i>Sistema de alimentación de vapor y junta rotatoria Johnson de la cocina de pescado.</i>	40
Figura 25. <i>Sistema de extracción de condensado de la cocina de pescado.</i>	41

Figura 26. Sistema de extracción de incondensables del rotor de la cocina de pescado.....	41
Figura 27. Sistema de extracción de incondensables de la cocina de pescado por válvulas en la carcasa.	42
Figura 28. Medición de distancia entre tapa bridada y corona de la cocina de pescado para obtener la longitud de la punta de eje del lado de alimentación.	45
Figura 29. Cocina de pescado lado descarga con tubería de alimentación de vapor desmontada.....	46
Figura 30. Punta de eje lado descarga con junta Johnson desmontada y junta desarmada de cocina de pescado.	46
Figura 31. Maniobra de desmontaje de corona de cocina de pescado con gata hidráulica. ..	47
Figura 32. Desmontaje de mesa soporte de chumacera de la punta de eje del lado de alimentación de la cocina de pescado.....	47
Figura 33. Punta de eje y tapa bridada del lado de alimentación de la cocina de pescado. ...	48
Figura 34. Desmontaje de tapa bridada del lado de alimentación de la cocina de pescado...	48
Figura 35. Estructura para desmontaje del rotor de la cocina de pescado.	49
Figura 36. Posición de tecle de cinco toneladas sobre oreja perpendicular a hélice de rotor de cocina de pescado.	49
Figura 37. Punto de anclaje de tecle de cinco toneladas sobre tolva de alimentación de cocina de pescado.....	50
Figura 38. Rotor desplazado fuera de la cocina por el lado de alimentación.	51
Figura 39. Posicionamiento de camión grúa para desmontaje de rotor de cocina de pescado.	51
Figura 40. Corte del rotor de cocina con oxicorte.	52
Figura 41. Tramo cortado del rotor de cocina de pescado sostenido por la grúa.	52
Figura 42. Izaje de tramo de rotor cortado de la cocina de pescado.	53
Figura 43. Vista de corte de rotor de cocina de pescado renderizado.	60
Figura 44. Mallado del rotor de cocina de pescado.	60
Figura 45. Gráfico resultado de la simulación de esfuerzos del eje hueco.....	61
Figura 46. Zona crítica del eje hueco de rotor.....	61
Figura 47. Gráfico resultado de la simulación de deformaciones del eje hueco.....	61
Figura 48. Gráfico resultado de la simulación de esfuerzos del rotor.....	62
Figura 49. Zona crítica del rotor.....	62

Figura 50. <i>Gráfico resultado de la simulación de deformaciones del rotor.</i>	62
Figura 51. <i>Rolado de planchas.</i>	63
Figura 52. <i>Armado de eje hueco del rotor de cocina de pescado.</i>	63
Figura 53. <i>Sectores de corona circular cortados con CNC.</i>	64
Figura 54. <i>Soldeo del eje hueco de rotor de cocina de pescado.</i>	64
Figura 55. <i>Perforación de eje hueco de rotor.</i>	65
Figura 56. <i>Interior del eje hueco del rotor.</i>	65
Figura 57. <i>Montaje de aletas que conforman la hélice del rotor.</i>	66
Figura 58. <i>Soldeo entre eje y hélice del rotor de cocina.</i>	66
Figura 59. <i>Soldeo de crestas y empalmes de la hélice del rotor.</i>	66
Figura 60. <i>Prueba con cordel de rotor nuevo.</i>	67
Figura 61. <i>Bridas de eje hueco de rotor.</i>	67
Figura 62. <i>Bridas parte de las puntas de eje del rotor.</i>	68
Figura 63. <i>Brida montada al eje hueco del rotor.</i>	68
Figura 64. <i>Maquinado de ejes en torno y ejes preparados para puntas de eje del rotor de cocina de pescado.</i>	69
Figura 65. <i>Brida y punta de eje atiesadas.</i>	69
Figura 66. <i>Soldeo de punta de eje de lado de descarga del rotor.</i>	69
Figura 67. <i>Montaje de punta de eje del rotor.</i>	70
Figura 68. <i>Punta de eje de lado de descarga del rotor montada.</i>	70
Figura 69. <i>Soldeo de la brida del eje hueco del rotor.</i>	70
Figura 70. <i>Montaje de o'ring de punta de eje de rotor.</i>	71
Figura 71. <i>Rellenado con soldadura y maquinado de alojamiento de corona de cocina de pescado.</i>	71
Figura 72. <i>Punto de alimentación de agua al rotor.</i>	72
Figura 73. <i>Punto de evacuación de agua con válvula cerrada.</i>	72
Figura 74. <i>Manómetro donde se indica la presión de prueba.</i>	72
Figura 75. <i>Tubo de pescador montado.</i>	73
Figura 76. <i>Modificación de tapas bridadas de cocina.</i>	73
Figura 77. <i>Sellos de prensa estopa nuevos de cocina de pescado.</i>	73
Figura 78. <i>Estructura temporal de apoyo.</i>	74
Figura 79. <i>Soldeo de estructura a vigas principales de la plataforma de cocinas.</i>	74

Figura 80. Grúa de 90 toneladas en la posición donde hará la maniobra de izaje.	75
Figura 81. Maniobra de izaje de rotor de cocina.	75
Figura 82. Alineamiento del rotor con la cocina.	76
Figura 83. Ingreso del rotor en la cocina.	76
Figura 84. Estructura pórtico sosteniendo el rotor nuevo.	77
Figura 85. Tecla anclado en la carcasa para jalar el rotor.	77
Figura 86. Lado del rotor sostenido por grúa.	78
Figura 87. Rotor en su posición final levantado por la gata hidráulica.	78
Figura 88. Tapas de alimentación y descarga montadas en la carcasa.	79
Figura 89. Sello prensa estopa de la cocina de pescado.	79
Figura 90. Mesa soporte de chumacera, rodamiento y chumacera del lado de alimentación de la cocina de pescado.	80
Figura 91. Junta rotatoria Johnson bidireccional de alimentación de vapor y evacuación de condensado de la cocina de pescado.	81
Figura 92. Junta rotatoria unidireccional de evacuación de incondensables de la cocina de pescado.	81
Figura 93. Piping de alimentación de vapor en 6" y salida de condensado en 2 ½" de la cocina de pescado.	82
Figura 94. Piping de evacuación de condensado en 2 ½" de la cocina de pescado.	82
Figura 95. Piping de evacuación de incondensables en 1 ½" de la cocina de pescado.	83
Figura 96. Alineamiento de sistema motriz de cocina de pescado.	83

Introducción

La producción de harina de pescado es importante en el Perú, dado que en la actualidad el Perú es el primer productor a nivel mundial, además, la producción y comercialización de este insumo influye en la economía del país. La harina se obtiene de la anchoveta al pasar por procesos de cocción, prensado, secado y molienda y es empleada en la alimentación de distintos animales aportando proteína y ácidos grasos.

En la industria pesquera en el Perú existen distintos equipos empleados en la producción de harina con más de 30 años de antigüedad, fabricados en distintos países, o por empresas que ya no existen, dificultando el cambio de un componente de las máquinas, razón por la cual, se necesitan empresas locales que hagan diseños nuevos o adapten sus diseños a los equipos existentes.

Unos de los equipos más importantes en la producción de harina son las cocinas, cocedores o cocinadores, que son intercambiadores de calor a contraflujo, cuya fuente de energía térmica es el vapor saturado obtenido de calderos de vapor. La importancia radica en que su correcta operatividad puede determinar la velocidad de producción de la planta (t/h de pescado).

En un intercambiador la razón de transferencia de calor entre dos fluidos está en función del coeficiente de transferencia de calor total, el área de transferencia y la diferencia de temperatura media logarítmica, y en la cocina, que es un intercambiador, el rotor es el componente que aporta más área de transferencia, por eso, es importante diseñarlo buscando tener una alta área de transferencia en un menor tamaño y peso, además, contar con un correcto sistema de evacuación de condensado, para no perder eficiencia en la cocción por tener condensado acumulado donde ingresa el vapor.

En ese sentido, un rotor en mal estado, con fugas de vapor o que no evacúa correctamente el condensado, no cocinaría a la capacidad total de diseño, lo que implicaría la disminución de la velocidad de producción de la planta, que se traduce en una pérdida económica por dejar de producir a régimen, es por eso que se debe garantizar la confiabilidad del rotor.

La presente tesis plantea el rediseño del rotor de una cocina de pescado de 50 t/h en una planta harinera del puerto de Chancay, el cual se encontraba en mal estado y era de un fabricante que ya no existía. Siendo necesario el cambio del componente, era necesario un fabricante local con un diseño que se adapte a cocinas existentes, permitiendo replicar los resultados en distintas plantas pesqueras.

En el capítulo 1 de la presente tesis se aborda la importancia de la producción de harina en el Perú, así como el proceso productivo de este insumo, identificando los principales equipos empleados. Asimismo, se profundiza en las partes de la cocina, su importancia y la

necesidad de hacerle un overhaul cuando sus componentes están en mal estado y son antiguos.

El ingeniero Julio Rubio Gonzales (2019) en su tesis de titulación sobre la “Evaluación Técnica Económica en una planta pesquera en Chimbote, al instalar un segundo secador a fuego directo en la primera etapa de secado para la línea de harina y aceite de pescado” describe el proceso de producción de harina de pescado, sus características y clasificación, lo que aportó en el concepto de harina de pescado y su importancia.

Asimismo, el ingeniero Luis Edin Tocto Morales (2016) en su tesis de titulación sobre la “Estrategia de control para un cocinador de harina de pescado” ahonda en los distintos conceptos, tipos y partes de un cocinador, lo cual aportó en la descripción de la cocina de pescado.

En el capítulo 2 se plantea el procedimiento de desmontaje de un rotor antiguo en una planta harinera en el puerto de Chancay, además del procedimiento de fabricación y montaje de un rotor nuevo. El rotor nuevo ha sido diseñado buscando aumentar el área de transferencia de calor a un menor peso, que implica un menor costo de fabricación y costo de materiales.

Los ingenieros Anibal Abal Cáceres y Manuel Rondón Terrones (2019) en su tesis de titulación sobre la “Modelación de un cocedor de vapor indirecto de 60 TPH de capacidad para harina de pescado” presentan las consideraciones que se tiene que tener en el diseño de una cocina, lo cual se revisó para el diseño del rotor de la cocina de 50 t/h.

Además, los ingenieros Irving Sánchez Rivera y Diego Torres Cuenca (2019) en su tesis de titulación sobre “Rediseño de un cocinador indirecto con capacidad de 60 t/h de pescado utilizando un software de programación en la empresa fabricaciones industriales D&F E.I.R.L.” presentan fórmulas y datos que se consideran en el diseño de una cocina, información que ha servido en el desarrollo del rediseño del rotor.

En el libro “Transferencia de calor y masa” del ingeniero Yunus A. Cengel (2007) se explica el comportamiento de los intercambiadores de calor, así como las fórmulas de transferencia de calor que se emplean en el diseño.

El código ASME Sección VIII División 1 para Calderas y Recipientes a Presión (2011) aporta las consideraciones que se siguieron en la prueba hidrostática que se le realizó al rotor.

En conclusión, en la presente tesis se pretende diseñar un rotor que se aplique en la planta de Chancay y en otras plantas pesqueras con equipos antiguos de similares características, abordando la implementación y probando el diseño, logrando los resultados esperados.

Capítulo 1

Aspectos de la problemática a través de los estudios teóricos

En la presente investigación es importante estudiar los aspectos de la problemática a través de los estudios teóricos porque familiariza a los lectores con la producción de la harina de pescado y su importancia en la economía del país, así como el proceso productivo y los equipos empleados en la producción de harina de pescado.

Siendo necesario entender el impacto de la operatividad de la cocina en el proceso productivo de la harina, la importancia de aplicar un *overhaul*¹ ante una falla en estos equipos antiguos. Además, los componentes principales de las cocinas, así como el rotor, que es la materia de estudio.

1.1. Harina de pescado

Según la Sociedad Nacional de Pesquería (2023), la harina de pescado es el producto obtenido del pescado luego de extraerle todo el contenido de agua, grasas y aceites, quedando la parte sólida que en su mayoría es proteína y que ha alcanzado la granulometría de una harina.

La Sociedad Nacional de Pesquería (2023) afirma que, de acuerdo a lo dispuesto por el Ministerio de Producción (2008) la harina de pescado sólo puede ser extraída de la anchoveta, cuyo nombre científico es *Engraulis ringens*.

La anchoveta es una especie pelágica, de talla pequeña, que puede alcanzar hasta los 20 cm de longitud total. Su cuerpo es alargado poco comprimido, cabeza larga, el labio superior se prolonga en un hocico y sus ojos son muy grandes. Su color varía de azul oscuro a verdoso en la parte dorsal y es plateada en el vientre. (Instituto del Mar del Perú, 2006)

La Organización de ingredientes marinos (2018) plantea los puntos principales del porque la anchoveta es más utilizada para la producción de harina de pescado y aceite de pescado que para consumo como pescado entero. Uno de estos puntos es el fuerte sabor de la anchoveta y la preferencia de otras especies con mejor sabor como el jurel, la caballa y el bonito. Otro punto es la fragilidad y rapidez de deterioro del pescado dificultando su transporte y almacenamiento.

Según la empresa pesquera Tecnológica de Alimentos S. A. (2023), conocida como TASA, la anchoveta contiene lisina, y otros aminoácidos y minerales en mayor concentración que en la carne de pollo o de res. Dentro de los minerales se tienen el potasio, el hierro, el fósforo y el calcio, además, presenta las vitaminas A y D en la grasa.

¹ *Overhaul* se define como "Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza a los equipos, conocido como mantenimiento mayor o mantenimiento cero, esto se realiza con el fin de mejorar el rendimiento, confiabilidad y prolongar la vida del activo" (Barrera Medina, 2020).

Cabe resaltar que, en el Anexo I de la Resolución Ministerial N° 209-2001-PE el Ministerio de Producción (2001) indica la talla mínima de pesca de la anchoveta, la cual es de 12 cm de longitud total, siendo la longitud total la medida entre el extremo más proyectado de la cabeza y el extremo de la cola.

De acuerdo con la empresa pesquera TASA (2023), el valor nutricional de la anchoveta es conforme a la Tabla 1.

Tabla 1.

Valor nutricional de la anchoveta

Valor Nutricional	
COMPONENTES	PROMEDIO %
Grasa	4 - 7 %
Proteína	16 - 19 %
Humedad	72 - 77 %
Cenizas	3.5 - 3.9 %
Sales	0.8 - 1.2 %
*Calorías en 100 gr	185

Nota: Adaptado de "Nuestro recurso la anchoveta" (Tecnológica de Alimentos S. A., 2023).

La harina de pescado se emplea principalmente como alimento de distintas especies animales debido a su alto contenido proteico, por eso se emplea en la ganadería, avicultura, acuicultura, etc. Al ser consumida por los animales que son parte de la dieta humana, se entiende que son productos de consumo indirecto.

Asimismo, según la IFFO (La organización de Ingredientes Marinos, 2020) la harina de pescado tiene un contenido proteico entre el 60% y 72%, entre 10% y 20% de ceniza y el 5% y 12% de grasa y el porcentaje restante en humedad. También, señala que contiene ácidos grasos poliinsaturados omega-3, tales como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA).

Los ácidos grasos omega-3 son componentes importantes de las membranas que rodean cada célula del organismo. Las concentraciones de DHA son especialmente altas en la retina (ojo), el cerebro y los espermatozoides. Los omega-3 también aportan calorías para dar al organismo energía y tienen muchas funciones en el corazón, los vasos sanguíneos, los pulmones, el sistema inmunitario y el sistema endocrino (la red de glándulas productoras de hormonas). (National Institutes of Health, 2022)

La empresa pesquera TASA (2023) muestra las características para las distintas calidades de harina en la Tabla 2.

Tabla 2.
Calidades de harina de pescado

Calidades de Harina					
CARACTERÍSTICAS	SUPER PRIME	PRIME	TAIWAN	THAILAND	STANDARD
Proteína	68% mín.	67% mín.	67% mín.	67% mín.	67% / 66% / 65% mín.
TVN²	100 Mg / 100 máx.	120 Mg / 100 máx.	120 Mg / 100 máx.	150 Mg / 100 máx.	
Histamina³	500 ppm máx.	1000 ppm máx.			
Grasa	10% máx.	10% máx.	10% máx.	10% máx.	12% máx.
Humedad	10% máx.	10% máx.	10% máx.	10% máx.	10% máx.
Sal y arena	4% máx.	5% máx.	5% máx.	5% máx.	5% máx.
Arena sola	1% máx.	1% máx.	1% máx.	1% máx.	1% máx.
Ácidos grasos libres	7.5% máx.	10% máx.	10% máx.	10% máx.	
Antioxidante	150 ppm min.	150 ppm min.	150 ppm min.	150 ppm min.	150 ppm min.
Lisina⁴	5g / 100g	5g / 100g	5g / 100g	4.5g / 100g	4.5g / 100g
Metionina⁵	1.3g / 100g	1.3g / 100g	1.3g / 100g	1.3g / 100g	1.3g / 100g

Nota: El antioxidante es para evitar el calentamiento y combustión de la harina durante el transporte. Fuente: Adaptado de "Harina de pescado" (Tecnológica de Alimentos S. A., 2023).

La empresa pesquera Austral Group S. A. A. (2016) muestra en su catálogo de productos las características para las distintas calidades de harina, datos que están plasmados en la Tabla 3.

² "El nitrógeno básico volátil total (TVB-N) es un método de análisis que mide la presencia de amoníaco y compuestos nitrogenados como dimetil y trimetil amina en pescado procedente de mar o río y revela el grado de frescura" (Eurolab Laboratory Services, 2023).

³ Erika Seguridad Alimentaria (2021) la define como una amina biógena producida por bacterias y se relaciona con la deficiente calidad del pescado, la incorrecta refrigeración y la higiene deficiente en la producción.

⁴ La lisina es un aminoácido que "es responsable del crecimiento y la reparación de los músculos" (Liu, 2020).

⁵ La metionina es un aminoácido que "ayuda al cuerpo con el metabolismo y la desintoxicación" (Liu, 2020).

Tabla 3.*Características para las distintas calidades de harina de pescado*

			Super Prime	Prime	Taiwan	Thailand	Standard
Proteína / Protein	%	Mín.	68	67	67	67	<67
Grasa / Fat	%	Máx.	10	10	10	10	10
Humedad / Moisture	%	Máx.	10	10	10	10	10
FFA / FFA⁶	%	Máx.	7.5	10	10	10	-
Ceniza sin sal / Ash not salt	%	Máx.	13.5	14.5	15.5	15.5	-
Sal y arena / Salt & sand	%	Máx.	4	4.5	5	5	>5
TVBN / TVBN	mg/100gr	Máx.	100	120	120	150	>150
Histamina / Histamine	Ppm	Máx.	500	1000	-	-	-
Antioxidante / Antioxidant	%	Mín.	150	150	150	150	150

Nota: TVBN es el nitrógeno básico volátil total o TVN.

Fuente: Adaptado de "Catálogo de productos" (Austral Group S. A. A., 2016).

1.1.1. La importancia de las pesqueras en la economía del Perú

Index Mundi (2023) afirma que, en el año 2022 el Perú produjo cerca de 1100 miles de toneladas de harina de pescado, siendo el primer productor a nivel mundial, abarcando casi un 22% del mercado mundial de harina de pescado. Su próximo competidor fue Vietnam con un aproximado de 500 miles de toneladas, con el 10% de la producción mundial (2023). Al ser el primer productor de harina y tener una alta demanda, influye en la economía del país.

En la Figura 1, Index Mundi presenta la proyección de la producción de harina de pescado para el 2023, a través de los datos recopilados del año 2022.

⁶ FFA son los ácidos grasos libres.

Figura 1.

Estimación de la producción de harina de pescado por país en miles de toneladas para el año 2023



Nota: Adaptado de "Producción de Harina de pescado por país en miles de toneladas" (Index Mundi, 2023).

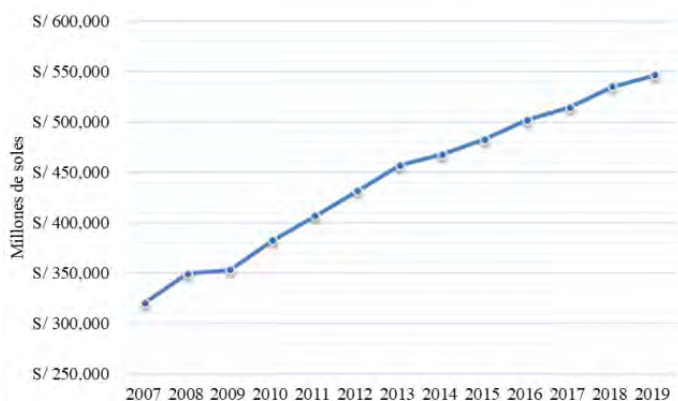
En la página del Banco Central de Reserva del Perú (2022) en el año 2022, el costo de una tonelada métrica de harina de pescado fue de 1640,6 dólares, y habiéndose producido 1100 miles de toneladas, se afirma que, la producción de harina de pescado es una actividad significativa en el Perú y ha influido positivamente en el Producto Bruto Interno (PBI) del país años anteriores. "Se estima que la actividad extractiva de la pesca genera 93 mil empleos directos y 29 mil indirectos; en tanto que, en la actividad manufacturera se crean alrededor de 42 mil empleos directos y 81 mil indirectos" (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

La titular de la SNP informó que, según un reciente informe elaborado por Apoyo Consultoría, el 1.5% del PBI es generado por la extracción e industria pesquera. Añadió que cuando se agrega el efecto indirecto, mediante los encadenamientos interindustriales, el impacto se eleva a 2.5% del PBI. (Editora Perú, 2020)

Los autores Ticse Villanueva, Valdivia Llerena, Ugarte Concha, Briceño Peñafiel, Vera Rios y Neyra Paredes (2021) presentan un informe sobre la importancia de la industria pesquera en el Perú. Ellos mencionan que el aporte en el PBI por parte de la industria pesquera ha aumentado 4.59% por año. En la Figura 2 se detalla el aporte pesquero al PBI.

Figura 2.

Evolución del Aporte del Sector Pesquero al Producto Bruto Interno 2007-2019

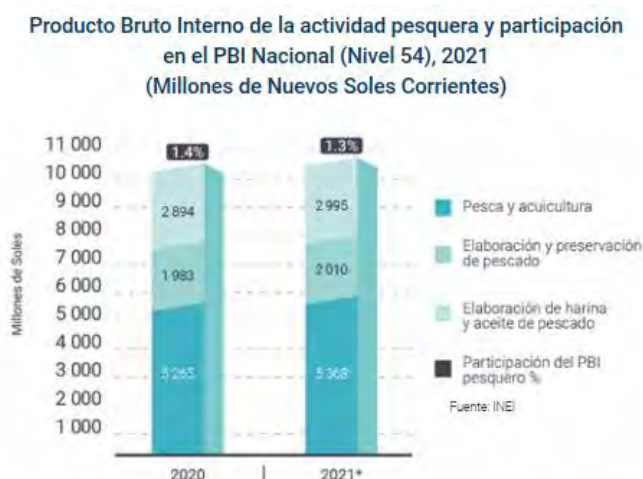


Nota: Adaptado de "Importancia de la Industria Pesquera en el Perú, un enfoque hacia el desarrollo sostenible de la misma" (Ticse Villanueva, y otros, 2021).

La Sociedad Nacional de Pesquería (2022) en el reporte de sostenibilidad del 2021 sostiene que el aporte de la industria pesquera en el PBI fue del 1.3%. En la Figura 3 se aprecia el PBI de la actividad pesquera y la participación en el PBI nacional.

Figura 3.

PBI de la actividad pesquera y participación en el PBI Nacional 2021



Nota: Adaptado de "Reporte de sostenibilidad 2021 de la sociedad nacional de pesquería" (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

A manera de resumen, se afirma que, las pesqueras son importantes en la economía del país e influyen en el Producto Bruto Interno, pues generan fuentes trabajo. Cabe mencionar que, por su misma calidad de producto, logran que el Perú se encuentre en los ojos del mundo como principal productor de harina de pescado.

1.2. Equipos empleados en la producción de harina de pescado

Para producir harina de pescado, esta debe pasar por varias etapas en las cuales se emplean distintos equipos. Este proceso inicia por la obtención de los peces, los cuales son capturados por las embarcaciones y trasladados con bombas hasta la planta harinera, específicamente hacia las pozas de almacenamiento, en las que se tiene la primera etapa de pesaje y almacenamiento de materia prima; esta es trasladada hacia los cocedores de pescado empleando elevadores o bombas.

En los cocedores de pescado se realiza la etapa de cocción, donde se detiene la degradación de la materia orgánica, la que pasa por un drenado de líquido sin prensar el producto en los pre-strainers. El líquido obtenido que es el licor de pre-strainers y se envía a la separadora de sólidos.

Luego de ello, empieza la etapa de prensado donde las prensas de pescado comprimen el producto para separar líquidos y grasas en una torta sólida llamada queque de prensa; cabe resaltar que, la parte líquida es el licor de prensa. El licor de los pre-strainers y de prensa ingresa a los tricanter⁷ en la etapa de separación de sólidos, y se obtienen dos sub productos: el queque de separadora y el licor de separadora; el segundo, pasa por unas separadoras centrífugas de eje vertical donde se da la etapa de centrifugación.

En la etapa de centrifugación se obtiene aceite y un residuo líquido que contiene proteínas, grasa y agua, es decir agua y sólidos disueltos, al que se le conoce como agua de cola; el cual pasa por un proceso de evaporación en los evaporadores de película descendente, donde se aumenta su concentración de proteínas, el cual se agrega al queque de prensa para obtener una harina con un mayor rendimiento, es decir, mayor cantidad de harina por tonelada de pescado procesado. Asimismo, el agua de cola no puede botarse al mar, por eso se aprovecha como parte del proceso productivo.

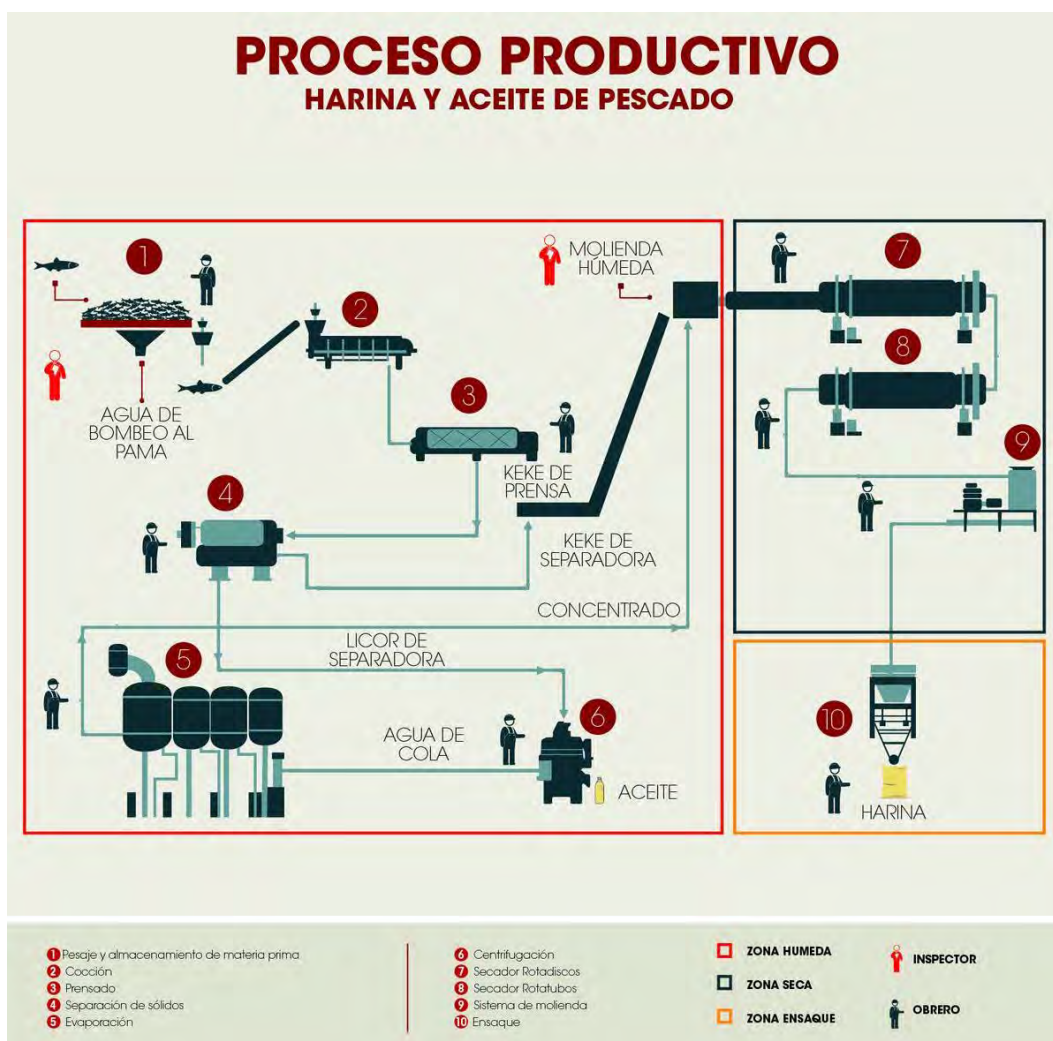
El queque de separadora se une con el queque de prensa, a esta mezcla se le denomina queque integral, que es el que pasa por el secador rotadiscos, el secador rotatubos y el secador de aire caliente. Finalmente, el producto seco se acondiciona en la etapa de enfriamiento y molienda; terminando en la etapa ensacado.

En la Figura 4 se observa un esquema representativo del proceso productivo de harina y aceite de pescado.

⁷ El tricanter es un tipo de separadora que "Permite la separación continua de tres fases (una sólida y dos líquidas) en un único proceso" (Flottweg SE, 2023).

Figura 4.

Proceso productivo de la harina y el aceite de pescado



Nota: Tomado de "Harina de pescado: Perú lidera su producción mundial" (Sociedad Nacional de Pesquería, 2023).

En el proceso productivo, se emplea agua para bombear el pescado a las pozas de almacenamiento, esta agua es filtrada del pescado al pasar por unos equipos rotativos llamados trommels donde se retienen los sólidos y las escamas. El líquido se lleva a unas celdas de flotación para recuperar espuma que contiene grasa y sólidos, el cual se envía a las celdas DAF⁸ físicas y a las DAF químicas, donde se obtienen unos lodos que pasarán a la separadora ambiental. La parte sólida denominada queque de separadora ambiental, también se suma al queque de prensa.

Para todo este proceso de transformación del pescado en harina de pescado, se considera que, los equipos más importantes para su producción son el cocedor de pescado, la prensa de pescado, la separadora de sólidos, el secador rotadiscos, el secador rotatubos, el

⁸ Las celdas DAF son sistemas de flotación de aire disuelto que se emplean para el tratamiento de agua.

secador de aire caliente, el enfriador de harina de pescado, el molino seco de harina de pescado y el evaporador de película descendente.

1.2.1. El cocedor de pescado

El cocedor de pescado, cocina de pescado o cocinador de pescado, es un intercambiador de calor de vapor que consta de un cilindro estático y un eje con una hélice de avance que desplaza el producto desde donde ingresa el pescado crudo hasta donde descarga el pescado cocido hacia la prensa, similar a un tornillo helicoidal.

En esta máquina se calienta el pescado “desde la temperatura ambiente hasta los 95°C que es la requerida para su posterior prensado” (Enercom S. A., 2005, pág. 4). El tiempo de cocción varía dependiendo de la calidad del pescado y se encuentra entre los 10 y 25 minutos; se maneja controlando el nivel de llenado de la cocina y la velocidad del eje, el que tiene un intervalo entre dos y ocho revoluciones por minuto, siendo la presión máxima de trabajo recomendada por Enercom (2005, pág. 4) de 6 kg/cm².

El calentamiento del pescado es necesario para que se produzcan los diferentes procesos en la carne del pescado (desnaturalización de albúminas y globulinas, contracción e hidratación de fibras proteicas del tejido conjuntivo, formación de gotas de grasa, hidrólisis parcial y autooxidación de lípidos), que transforman la consistencia de la carne, llevándola a una estructura blanda, tierna y elástica, que hace posibles los siguientes procesos de separación (prensado, molienda). Por otra parte, la composición físico-química de los componentes orgánicos (proteínas y grasas), son transformados mediante el golpe térmico facilitando su posterior separación en los procesos de decantación y centrifugación. (Enercom S. A., 2005, pág. 4)

El cocedor puede ser un intercambiador de calor directo cuando el vapor contacta con la materia prima, o un intercambiador de calor indirecto cuando se calefacciona el eje y la carcasa y no está en contacto el vapor con la materia prima.

En la Figura 5 se observa una cocina indirecta modelo C-170-F marca Enercom.

Figura 5.

Cocina de pescado marca Enercom modelo C-170-F.



En la industria de harina de pescado peruana utilizan diferentes tipos de cocedores: el cocedor directo, indirecto y el mixto, estos se clasifican dependiendo del mecanismo de transferencia de calor, de acuerdo al siguiente detalle:

- En el **Cocedor Directo**, el vapor entra en contacto con la materia prima; siendo el mecanismo de transferencia de calor, la conducción. La problemática de estos equipos radica en la extracción del condensado generado por el intercambio de calor entre el vapor y el pescado. Así como también que, en este tipo, el vapor tiene probabilidades de dañar la proteína.
- En el **Cocedor Indirecto**, el vapor saturado circula por el eje y la carcasa hueca, calentando el acero del rotor y de la carcasa. El mecanismo de transferencia de calor es por convección del vapor al metal del rotor y la carcasa, y por conducción del metal a la materia prima. Cabe resaltar que, este tipo de cocedor es de los más empleados en las diferentes plantas harineras del litoral peruano, de acuerdo a las visitas realizadas *in situ*. El sentido de avance de la carga es opuesto al ingreso del vapor, por lo que es un intercambio a contraflujo.
- El **Cocedor Mixto** cuenta con un eje y una carcasa hueca por donde circula vapor saturado para calentar el metal. Además, tiene unas boquillas controladas por unas válvulas que inyectan vapor saturado directamente a la materia prima. Estas válvulas pueden ser abiertas por los operadores cuando el pescado presenta dificultades para cocinarse, pero se agrega condensado al producto. Los mecanismos de transferencia de calor presentes son la conducción y convección.

Este tipo de cocedor es el segundo más empleado en las plantas harineras según lo observado en las distintas plantas del litoral peruano, pero por el inconveniente de la extracción de condensado de la materia prima cocida lleva a los operadores de estos equipos a deshabilitar las válvulas que inyectan vapor a la materia prima.

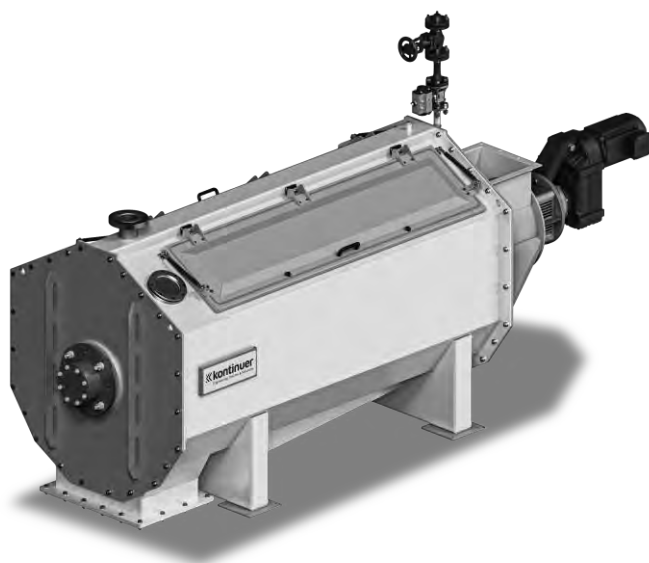
1.2.2. El pre-strainer rotativo

Es un equipo que drena líquido del pescado cocinado. El drenado del líquido se debe a un tamiz que rodea un tornillo helicoidal que va desplazando el pescado cocido hasta la descarga que está conectada a la prensa de pescado.

En la Figura 6 se aprecia un pre-strainer empleado comúnmente en la industria harinera.

Figura 6.

Pre-strainer marca Kontinuer.



Nota: Tomado de "Equipo Pré-Strainer" (Oestergaard Kontinuer, 2023).

1.2.3. La prensa de pescado

Es un equipo que separa mecánicamente la materia sólida del pescado cocido de la parte líquida. A la materia sólida obtenida se le conoce como el queque de prensa y al líquido obtenido se le conoce el licor de prensa, este pasa a las separadoras y el queque de prensa va a los secadores "con una humedad entre 45 y 50%" (Burgos Soto, 2014).

La separación en la prensa es mecánica por dos razones; en primer lugar, emplea una malla por la que escurre el líquido; en segundo lugar, cuenta con uno o dos tornillos helicoidales con paso que disminuye gradualmente.

Dicha materia prima se aloja entre el helicoide y el eje, pero al disminuir el paso del helicoide, el volumen donde se aloja la materia prima disminuye y se aplasta, expulsando el líquido por la malla.

En la Figura 7 se observa una prensa de doble tornillo empleada comúnmente en la industria harinera de pescado.

Figura 7.

Prensa doble tornillo marca Haarslev.



Nota: Tomado de "Prensa de Doble Tornillo" (Haarslev Processing Technology, 2023).

1.2.4. La separadora de sólidos

Es una centrifugadora horizontal que separa el licor de prensa y licor pre-strainer en una fase sólida conocida como queque de separadora y una fase líquida conocida como licor de separadora.

El queque de separadora está conformado por agua, aceites y solubles altos en proteína. El autor César Burgos Soto (2014) indica que, la humedad promedio del queque de separadora es de 62%.

En la Figura 8 se observa una separadora de sólidos marca y modelos desconocidos empleada en la industria harinera.

Figura 8.

Separadora de sólidos.



Nota: Tomado de "Automatización de Separadora de Sólidos con motor Hidráulico" (Inprocess Automatización Industrial, 2023).

1.2.5. El secador rotadiscos

El secador rotadiscos es un intercambiador de calor indirecto cuya fuente térmica es el vapor saturado; cuenta con un eje y discos huecos por los cuales circula el vapor saturado y una carcasa hueca calefaccionada por vapor saturado.

El vapor calienta el metal por convección, y este al calentarse evapora el agua contenida en el queque integral por conducción. El agua evaporada es extraída por un ventilador centrífugo.

El secador rotadiscos cuenta con unas aletas que desplazan la carga mientras seca y gira el eje o rotor. El sentido de avance de la carga es opuesto al ingreso del vapor, por lo que es un intercambio a contraflujo. Cabe mencionar que, la humedad promedio que se obtiene a la salida de los rotadiscos es del 48%.

En la Figura 9 se aprecia tres secadores rotadiscos. Los dos de la derecha son marca Enercom y modelo RD500. Su denominación radica en, RD porque son rotadiscos y 500 porque el área de transferencia de calor que tiene es aproximadamente 500 metros cuadrados.

Figura 9.

Secadores rotadiscos Enercom modelo RD500.



1.2.6. El secador rotatubos

El secador rotatubos es un intercambiador de calor indirecto cuya fuente térmica es el vapor saturado. Este secador cuenta con unos haces de tubos por los cuales circula el vapor, mientras que por el exterior se desliza la harina. El vapor calienta el metal de los tubos por convección y el metal evapora el agua contenida en la harina por conducción.

El secador rotatubos es un tambor rotatorio que cuenta con una inclinación, lo que permite que la harina se vaya deslizando. El tambor consta de dos pistas de rodadura, una en el lado de alimentación y la otra en el lado de descarga. Las pistas están apoyadas en 4 pares de ruedas a las que se les denominan conjuntos bogies o polines radiales. Para evitar que el secador se desplace axialmente se emplean dos polines perpendiculares a la pista del lado de alimentación, a estos polines se les conoce como polines axiales.

En los secadores rotatubos el sentido de avance de la carga es opuesto al ingreso del vapor, por lo que es un intercambio a contraflujo.

Las humedades en promedio que se obtienen a la salida de los rotatubos se encuentran entre el 14% y el 18%.

En la Figura 10 se aprecia cuatro secadores rotatubos marca Enercom y modelo SV1400, su denominación SV radica en que son secadores a vapor y 1400 porque su área de transferencia de calor es de 1450 metros cuadrados aproximadamente.

Figura 10.

Secador Rotatubos Enercom modelo SV1400.



1.2.7. El secador de aire caliente

El secador de aire caliente, conocido como SAC por sus iniciales, es un sistema de secado por aire caliente para harina de pescado. El mecanismo de transferencia de calor que emplean es la convección por eso también se definen como secadores convectivos.

Este sistema consta principalmente de un tambor rotatorio, un intercambiador de calor que aporta la energía térmica para el calentamiento del aire, un ventilador de secado o soplador que aporta el aire ambiente que se calentará a la temperatura con la que se secará la harina; y que también transporta la harina por el tambor rotatorio y un ventilador extractor que ayudará en el desplazamiento de la harina hacia la caja de descarga y extraerá los vahos que se tratan a la salida. El flujo de aire es producido por el ventilador de secado y el extractor conformando un circuito de circulación de caudal de aire.

En la caja de descarga es donde se recibirá el producto y los vahos pasarán por un sistema de captación de polvo conformado por un par de ciclones, que son separadores estáticos para recuperar finos arrastrados indeseadamente y en algunos casos una torre lavadora de vahos.

El tambor consta de dos pistas de rodadura, una en el lado de alimentación y la otra en el lado de descarga. Las pistas están apoyadas en 4 ruedas o 4 pares de ruedas a las que se les denominan conjuntos bogies o polines radiales. Para evitar que el secador se desplace axialmente se emplean dos polines perpendiculares a la pista del lado de descarga, a estos polines se les conoce como polines axiales.

El tambor rotatorio no tiene inclinación, el desplazamiento de la harina se produce por el caudal de aire producido por el ventilador de secado, además, cuenta con unas aletas internas diseñadas para la capacidad de producción de planta que generan una cortina de harina al interior del tambor para tener una eficiente transferencia de calor y generar el transporte neumático de la harina dentro del tambor.

La humedad en promedio que se obtiene a la salida del secador de aire caliente es entre el 7% y 8%.

En la Figura 11 se observa un secador de aire caliente gas-gas, el cual tiene un intercambiador de calor con cuatro bancos de tubos. El aire ambiente que pasa por el interior de los tubos de los bancos es calentado por los gases de combustión que pasan por el exterior de estos. Los gases de combustión son generados en una cámara de combustión que emplea petróleo bunker, por lo que es importante que no se mezclen los gases de combustión con el aire ambiente que se calentará.

Figura 11.

Secador Aire Caliente Gas-Gas Enercom modelo SAC 8000.



En la industria pesquera existen los siguientes tipos de secadores de aire caliente según su fuente de energía térmica:

- **Secador Aire Caliente Gas - Gas:** El secador de aire caliente cuenta con una cámara de combustión, y esta a su vez con un quemador donde se quema el gas natural, Diesel o

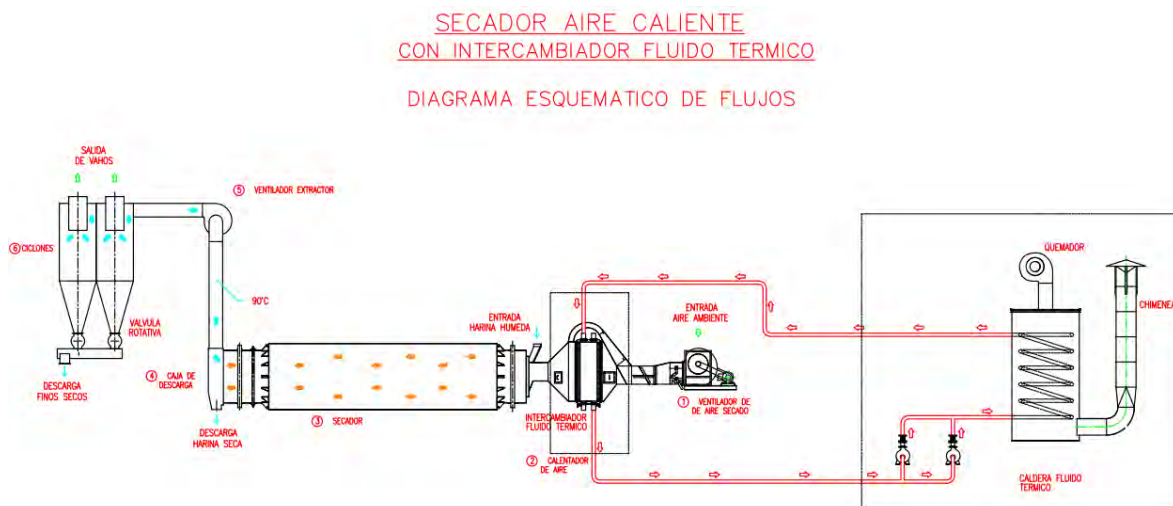
- **Secador Aire Caliente con Intercambiador de Fluido Térmico:** El secador de aire caliente cuenta con un caldero, este a su vez con un serpentín por el que circula aceite térmico. El caldero tiene un quemador en la parte superior el cual quema el gas natural, Diesel o petróleo bunker, el cual genera gases de combustión al interior del caldero, los que calientan el aceite térmico que circula por el serpentín al interior del caldero. El fluido térmico caliente se envía a un intercambiador con tubos aleteados. El fluido térmico que circula por el interior de los tubos calienta el metal de los tubos y el metal caliente se encarga de calentar el aire que circula por el exterior de los tubos. El aire que circula por el exterior de los tubos lo aporta el ventilador soplador del ambiente.

El aire caliente ingresa al tambor rotatorio para secar la harina y el aceite térmico que ha perdido temperatura retorna al caldero para volverse a calentar. La harina es desplazada por el tambor rotatorio, el ventilador soplador y el ventilador exhaustor.

En la Figura 13 se observa el diagrama de flujo de un secador aire caliente con intercambiador de fluido térmico, el cual cuenta con un par de ciclones sin torre lavadora. En el presente caso, los vahos generados del secado de la harina son expulsados al ambiente.

Figura 13.

Diagrama esquemático de flujos de un secador aire caliente con intercambiador de fluido térmico.



Nota: Tomado de "Inducción de personal nuevo" (Enercom S. A., 2019).

- **Secador con recirculación intensiva:** Este secador a diferencia del denominado SAC Gas-Gas, emplea los vahos fríos producidos en el secado de la harina y no aire del ambiente. Los vahos fríos pasan por el intercambiador de calor, se calientan e ingresan al tambor rotatorio para secar la harina. El excedente de vahos puede ser aprovechado por los evaporadores de película descendente. Este equipo no trabaja con lavador de

vahos, ya que los vahos generados en el secado se recirculan generando vapor sobrecalentado a presión ligeramente superior atmosférica que trabaja secando.

La ventaja de estos sistemas es que genera un ambiente inocuo ya que los gases de salida están calientes por encima de 100 grados y estos circulan en el circuito de aire. Las desventajas de estos sistemas es que requieren equipos más grandes que un secador de la misma capacidad con torre lavadora y que la harina a la salida es de una tonalidad oscura, pero de la misma calidad y composición.

En la Figura 14 se observa el diagrama esquemático de flujos del secador con recirculación intensiva.

Figura 14.

Diagrama esquemático de flujos de un secador con recirculación intensiva.



Nota: Tomado de "Inducción de personal nuevo" (Enercom S. A., 2019).

1.2.8. El enfriador de harina de pescado

Este equipo es un intercambiador a contraflujo en el que se baja la temperatura de la harina con aire ambiente. El equipo es un cilindro estático con un rotor que desplaza la harina como un tornillo helicoidal, mientras que un ventilador centrífugo succiona aire ambiente para que pase por el cuerpo del enfriador. Asimismo, tiene un filtro para evitar que haya fuga de finos.

La importancia de este equipo radica en la inflamabilidad que tiene la harina y la temperatura con la que sale del secador de aire caliente. La autora Dolores Silva Ortiz (2003) indica que, la harina se debe enfriar desde los 75°C hasta el rango de 25-30°C.

En la Figura 15 se observa un enfriador de harina Enercom. El aire ambiente ingresa por el ducto en forma de codo ubicado al extremo derecho mientras que la harina ingresa por el extremo izquierdo. El ventilador centrífugo se ubica en la parte superior, por la succión genera una presión negativa que permite el ingreso del aire ambiente y por la descarga expulsa el aire que ha ganado temperatura consecuencia del enfriamiento. El cajón que se aprecia encima del cilindro es el filtro.

Figura 15.

Enfriador de harina de pescado marca Enercom.



1.2.9. El molino seco de harina de pescado

Este es un molino de martillos que se emplea para triturar la harina que ha salido del secador, consta de un rotor con martillos resistentes a la abrasión y con unas mallas inoxidable que se diseñan acorde a la granulometría deseada.

Algunos presentan asistencia por aire para el control de polvo que incluyen un ventilador centrífugo, filtros de mangas y ciclones recuperadores de finos.

En la Figura 16 se observa un molino seco Enercom modelo MS10. Se denomina MS porque es un molino de productos secos y 10 por su capacidad 10 t/h, con una placa magnética en el chute de alimentación para evitar el ingreso de metales.

Figura 16.

Molino seco marca Enercom modelo MS10.



1.2.10. El evaporador de película descendente

Es un intercambiador que usa el principio de cogeneración, empleando vahos de alta calidad (vapor de agua y aire caliente a presión atmosférica), que se producen durante la producción de harina en los secadores, para generar la concentración de los sólidos disueltos en el agua de cola obtenida de las separadoras y obtener el concentrado, el cual retorna al proceso de producción de harina para aumentar el rendimiento de la harina.

Este evaporador es de película descendente, puesto que el agua de cola baja como una capa fina por el interior de unos tubos, y por su exterior los vahos de proceso ayudan a evaporar agua que se encuentra en el agua de cola, logrando de esta forma aumentar la concentración de sólidos en este líquido.

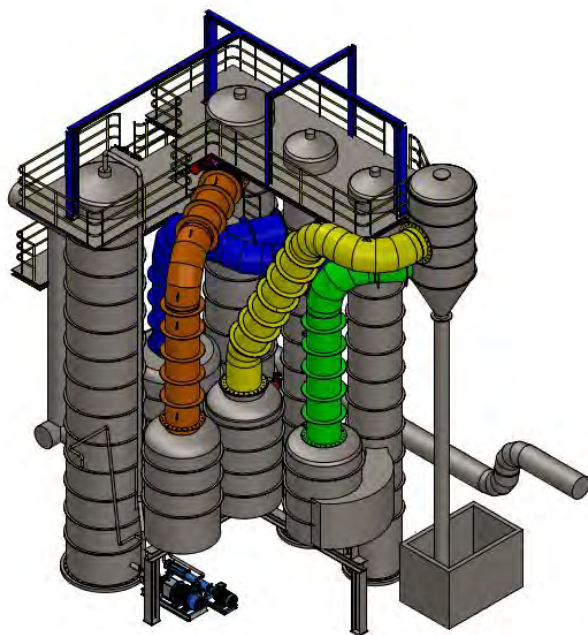
El primer efecto o concentrador es quien recibe los vahos de proceso y recibe el agua de cola con mayor concentración de los siguientes efectos, ya que dispone de una temperatura mayor de vahos.

Los siguientes efectos emplean los vahos producidos por el anterior efecto, estos tienen una menor temperatura para lo cual deberán trabajar con una presión de vacío para poder evaporar a baja temperatura.

En la Figura 17 se observa un isométrico de la modificación de una planta de agua de cola con cuatro efectos. El primero, que es el concentrador, es el de mayor tamaño y su separador envía vahos del agua de cola al segundo efecto. El separador del segundo efecto envía vahos del agua de cola a los últimos efectos. Los últimos efectos envían los vahos a un condensador barométrico.

Figura 17.

Isométrico de una planta de agua de cola o evaporador de película descendente.



Nota: Tomado de "Ingeniería de ampliación de capacidad de PAC" (Enercom S. A., 2020).

1.3. El impacto de la operatividad del cocedor de pescado en la producción de harina

El cocedor es uno de los equipos que define la capacidad de producción a la cual puede llegar la planta. Si el cocedor deja de estar operativo, la planta baja su capacidad de producción, siendo fundamental su correcto funcionamiento.

Los cocedores son diseñados para una capacidad de producción; por ejemplo, 50 t/h o 60 t/h. Si se emplean tres cocedores de 50 t/h y los equipos de secado cuentan con la capacidad de evaporación acorde a estos equipos, la planta podría trabajar a 150 t/h, pero si un equipo se detiene por una falla, la producción bajaría a 100 t/h.

Además de influir en la capacidad de producción de la planta, los cocedores influyen en la calidad de la harina y el estado del pescado que se cocinará. Una correcta cocción permitirá la conservación del producto y una mayor duración. En casos donde el pescado es añejo el tiempo de cocción es mayor y en caso haya alta población de juveniles el tiempo de cocción es menor.

1.4. Los componentes del cocedor de pescado

En el diseño de un componente de una máquina, es importante saber la función que cumple ese componente, así como la relación que tienen los otros componentes.

Los componentes de una cocina de pescado son el rotor, la carcasa, el sistema de transmisión, el sistema de alimentación de vapor y el sistema de extracción de condensado e incondensables.

1.4.1. El rotor

Es un eje hueco fabricado a partir de planchas roladas de espesores altos (mayores a 1/2"). El eje cuenta con una hélice hueca conformada por unos discos soldados. Entre los discos se tiene dos tipos de tuberías que conectan con el eje hueco. El primer tipo es para el ingreso de vapor a la hélice desde el eje y el segundo tipo es para la evacuación de condensado desde la hélice hacia el eje.

En la Figura 18 se observa el rotor de una cocina, el cual tiene en el extremo unas aletas de descarga. A mayor detalle, en la Figura 19 se aprecian las aletas de descarga y al interior del eje hueco se observan los dos tipos de tuberías. La fila del primer tipo está a 180° del segundo tipo.

Figura 18.

Rotor nuevo para cocina de pescado de 50 t/h.



Figura 19.

Vista interna del rotor de la cocina de pescado desde el lado de descarga.



En los extremos del eje hueco se tienen unas puntas de eje conformadas por unas bridas de espesor mayor al del eje y unas barras circulares huecas. Por una de las puntas de eje ingresa el vapor y se evacúa el condensado del eje, por la otra barra se tiene la salida de incondensables como aire. Ambos ejes están apoyados sobre unos soportes de pie y la punta del eje del lado de alimentación se mecaniza para el montaje de la corona del sistema motriz.

En la Figura 20 se observan las puntas de eje, las cuales cuentan con una brida hermanada a la brida del eje que se aprecia en la Figura 19. En la Figura 21 se aprecia el soporte de pie que se emplea en los extremos del rotor.

Figura 20.

Puntas de eje del rotor de la cocina de pescado.



Figura 21.

Soporte de pie o chumacera de punta de eje del rotor de la cocina de pescado.



1.4.2. La carcasa o estator

Es un cilindro donde se aloja el pescado, cuenta con una doble pared para generar una cámara hueca que se llama chaqueta. Por la chaqueta también fluye vapor para calentar el metal del cilindro y ayudar con la cocción del pescado.

Cuenta con unas tapas bridadas en los extremos que tienen unas mesas o soportes de acero donde se apoyan los soportes de pie. Para evitar la fuga del producto se emplean unas prensa estopas entre las tapas y las puntas de eje.

El autor Luis Tocto Morales (2016, pág. 13) señala como partes de la carcasa una boca de carga y una boca de descarga. La primera, es por donde ingresa el pescado que en el rubro pesquero están conectadas a tornillos alimentadores que traspasan el pescado fresco desde tolvas o están conectadas directamente a tolvas. La segunda, tiene una compuerta o válvula guillotina para restringir la cantidad de producto a descargar.

En la Figura 22 se observa la carcasa de la cocina con el rotor desmontado y sus ventanas de inspección levantadas. Las tapas bridadas de la cocina están desmontadas. El autor Luis Tocto Morales (2016, pág. 13) denomina las ventanas de inspección como las tapas de las escotillas y menciona su función en la limpieza de la cocina.

En la Figura 21 se observa la tapa bridada montada y la mesa de acero donde se monta el soporte de pie. Asimismo, entre el eje y la tapa bridada el sello de tipo prensa estopa.

Figura 22.

Carcasa de la cocina de pescado con el rotor desmontado.



1.4.3. El sistema de transmisión

El sistema de transmisión es del tipo transmisión por cadena, el cual consta de un motor eléctrico, un reductor, un piñón motriz, una cadena y una corona o catalina. De estos, se debe resaltar que el piñón motriz se conecta con la cadena a la corona o catalina que está montada en el eje de alimentación y con una guarda cubriendo la cadena.

En la Figura 23 se aprecia el piñón motriz conectado con cadena a la catalina o corona.

Figura 23.

Sistema de transmisión de la cocina de pescado con la guarda desmontada.



1.4.4. El sistema de alimentación de vapor

El sistema de alimentación de vapor al rotor cuenta con una válvula principal y una válvula de alivio ubicadas en un manifold al cual llega el vapor producido por los calderos de vapor. En este manifold se tiene un manómetro para ver la presión de vapor que ingresa a la cocina.

El sistema de alimentación de vapor al rotor se encuentra en el lado de descarga. En la punta de eje se conecta una junta rotativa tipo Johnson⁹ que se conecta tanto al sistema de extracción de condensado como a la alimentación de vapor. En ambos sentidos se emplea una tubería flexible para absorber la dilatación de las tuberías y el cabeceo de la junta rotativa.

El Ing. Luis Tocto Morales (2016, pág. 17) explica el sistema de alimentación de vapor a las chaquetas, el cual está conectado al manifold de vapor y se apertura para que al comenzar producción ingrese vapor saturado de calderos a todas las chaquetas. Después del arranque, en la chaqueta del lado de alimentación se inyecta vapor flash¹⁰ proveniente de los secadores a vapor.

⁹ Junta rotativa o rotatoria tipo Johnson: “es un dispositivo rotativo de sellamiento que conecta el equipo rotativo con cañerías fijas para la transferencia de vapor, agua, aceite térmico, fluido frigorígeno, aceite hidráulico, aire y otros fluidos” (Kadant Fluid Handling, 2023).

¹⁰ “El vapor flash se genera cuando condensado de alta temperatura/presión se expone a una gran caída de presión tal como la descarga de una trampa de vapor” (TLV Engineering S. A. DE C. V., 2023).

En la Figura 24 se aprecia la tubería de alimentación de vapor que conecta por la parte superior de la junta rotatoria Johnson con un flexible posicionado horizontalmente. Además, se observa que de la junta rotatoria sale un codo del eje y se conecta a un flexible posicionado verticalmente.

Figura 24.

Sistema de alimentación de vapor y junta rotatoria Johnson de la cocina de pescado.



1.4.5. El sistema de extracción de condensado e incondensables

La extracción del condensado del rotor se da por el tubo sifón, llamado en la industria tubo pescador. El tubo pescador colecta el condensado que se va acumulando en el eje hueco y lo saca por la junta rotatoria Johnson. Posteriormente, pasa por una tubería de descarga de condensado.

El condensado de las chaquetas también se retira por una tubería de descarga de condensado, las cuales cuentan con una trampa de vapor, un visor, un filtro y válvulas en cada línea.

La extracción de condensado es importante en el equipo, dado que al encontrarse con vapor puede producirse un tipo de golpe de ariete, el cual se conoce como choque térmico,

además de que el condensado que ocupa espacio dentro del equipo puede disminuir la eficiencia del equipo (Armstrong International Inc, 1998, pág. 7).

En la Figura 24 se aprecia la tubería de descarga de condensado que se conecta a la junta rotatoria. En la Figura 25 se observa la continuación de la tubería, donde se puede apreciar que el sistema de extracción de condensado cuenta con una trampa de vapor, un filtro y un visor.

Figura 25.

Sistema de extracción de condensado de la cocina de pescado.



El sistema de extracción de incondensables del rotor cuenta con una junta rotatoria unidireccional por la punta de eje del lado de alimentación. Por esta junta sale el aire del rotor y empleando una válvula de bola se controla la apertura en los arranques y se deja parcialmente abierta durante la operación normal. Asimismo, hay una válvula de purga en la junta rotatoria Johnson para eliminar el aire del rotor.

La extracción de incondensables de la carcasa es por unas válvulas ubicadas opuestas a las ventanas de inspección.

La extracción de incondensables es importante en el equipo porque al no condensarse se acumula al interior del equipo y forma una capa que afecta la eficiencia de la transferencia de calor. (Armstrong International Inc, 1998, pág. 7).

En la Figura 26 se aprecia el sistema de extracción de incondensables o purga de aire del rotor por el lado de alimentación.

Figura 26.

Sistema de extracción de incondensables del rotor de la cocina de pescado.



En la Figura 27 se observa el sistema de extracción de incondensables o purga de aire de la carcasa.

Figura 27.

Sistema de extracción de incondensables de la cocina de pescado por válvulas en la carcasa.



1.5. La necesidad del overhaul del rotor de cocedor de pescado

Los trabajadores de la planta harinera en Chancay habían realizado una inspección de la cocina, objeto de la presente investigación. La cocina había sido fabricada hace más de 20 años, evidenciándose el desgaste por la corrosión, agravándose la situación, cuando el fabricante de la misma, ya no se encontraba en funcionamiento y no había un repuesto original para su reemplazo.

Como parte de la inspección realizaron la medición de espesores del rotor tanto del eje hueco como de la hélice. Los resultados que encontraron eran de un 43% de desgaste en el tubo central (espesor nominal 19 mm, espesor encontrado 10.87 mm) y de un 34% de desgaste en la hélice (espesor nominal 9.5 mm, espesor encontrado 6.33 mm). Al estar sometido a vapor, representa un peligro que el equipo presente desgaste de material mayor al 30%.

Asimismo, se observó que la junta existente era solo para alimentación de vapor, es decir, era unidireccional y la descarga de condensado se realizaba por el otro extremo del rotor.

Al realizarse la visita técnica para revisar lo reportado por los trabajadores, se confirmó la necesidad de hacer el cambio del rotor, de las juntas rotatorias y otros componentes encontrados en mal estado tales como los sellos de prensa estopa, rodamientos, etc. Además, los operadores de la cocina reportaron que había problemas de evacuación de condensando, debido al tipo de junta rotatoria empleada y al desgaste y rotura de las tuberías de evacuación de condensado al interior del eje.

Este equipo tiene especial relevancia en la cadena de producción de la harina de pescado, por ello era necesario su cambio para dejar el equipo como recién fabricado.

1.5.1. Enercom: antecedentes

“Enercom es una empresa chilena creada en 1987 cuyo objetivo es crear soluciones en el área de procesos térmicos, combustión y secado” (Enercom SpA., 2020). Enercom cuenta con una oficina de ingeniería en San Isidro, Lima, Perú.

En el Perú cuenta con varios equipos instalados en las distintas plantas del litoral peruano, motivo por el cual se hace un proveedor de confianza a las distintas empresas pesqueras.

Dentro de los equipos que produce Enercom para la industria pesquera se encuentran las cocinas de pescado, los secadores rotadiscos, los secadores rotatubos, los secadores de aire caliente, los enfriadores de harina, los molinos secos y los evaporadores de película descendente.

1.5.2. Soluciones de ingeniería

Enercom realiza la ingeniería de ampliación de capacidad de producción de plantas, la ampliación de la capacidad de equipos de secado, la modificación de equipos existentes, el aumento de capacidad de extracción de finos, el diseño de sistemas de transporte y enfriamiento neumático, entre otros servicios de ingeniería.

Ante la necesidad de un proveedor local que pueda realizar el overhaul de distintas cocinas y un equipo sin repuestos originales disponibles, se planteó el rediseño del rotor, cambiando los soportes de pie y rodamientos, la junta rotatoria de extracción de incondensables y la junta rotatoria Johnson de alimentación de vapor y evacuación de condensado.

- **Los repuestos al alcance:** Es importante en el mantenimiento de los equipos de las distintas industrias tener un stock de componentes como repuesto ante posibles fallas. Para componentes de gran volumen, que no se pueden almacenar, es más importante aún, tener un proveedor local que pueda fabricarlos en el menor tiempo posible. Por ello, es necesario tener un modelo estándar, pues nos permite conseguir repuestos

que se siguen fabricando en la actualidad como rodamientos de los soportes de pie, bronces de junta rotatoria y sellos u o' rings de tubo pescador.

- **La garantía de proceso:** Al respetar el área de transferencia de calor en el nuevo diseño, se garantiza que no se afectará la capacidad de cocción del pescado, además, al mejorar la extracción de condensado se garantiza que no haya una pérdida de eficiencia.
- **La rentabilidad del rediseño:** Al tener un diseño que permite llegar a la capacidad de producción, el cocedor puede cocinar 50 t/h, lo que equivaldría a aproximadamente 12,5 t/h de harina que la planta harinera puede producir. Si el costo de la harina de pescado es de 1640,6 dólares por tonelada, la planta harinera con su cocedor trabajando eficientemente, produciría más de 20 mil dólares por hora. Es por eso que conviene invertir en el rediseño del rotor y el overhaul de la cocina.
- **La confiabilidad de la máquina:** Al ser un equipo rediseñado por una empresa que fabrica cocedores, la marca y reputación del fabricante lo avalan, además, de ser fabricado con materiales de buena calidad. El equipo cuenta con un año de garantía desde la puesta en marcha por alguna falla mecánica y al contar con una oficina local, ante una falla, se tiene una respuesta inmediata.
- **La garantía de la máquina:** Al realizar el overhaul a un equipo que ha durado más de 20 años, se garantiza tener una duración igual o similar operando el equipo correctamente y realizando los mantenimientos preventivos y correctivos recomendados. Dentro de los trabajos necesarios para la conservación del equipo está el cambio de los elementos de sacrificio como los carbones de las juntas rotatorias o los empaques de las ventanas de inspección, el cambio de los rodamientos, el engrase de los componentes, la limpieza del equipo, etc.
- **Apoyo en la operación y entrenamiento del personal:** Un plus de Enercom como solución de ingeniería es el apoyo durante la operación, asistiendo en la puesta en marcha del equipo, así como la presencia durante la ejecución del proyecto, solucionando consultas y capacitando a nuevos operadores.

Capítulo 2

El rotor de la cocina de pescado: desarrollo y ejecución

El rotor de la cocina de pescado es una parte importante del equipo, dado que es la parte que aporta más área de transferencia de calor¹¹, y porque realiza el transporte del producto.

Es importante detallar el procedimiento de desmontaje, fabricación y montaje, puesto que son actividades que se pueden replicar en otras empresas harineras con modelos antiguos de cocina.

El rediseño se ha realizado enfocándose en obtener un área de transferencia de calor similar a la existente y un diseño similar a los modelos Enercom.

2.1. La ejecución del rediseño, fabricación y montaje

La ejecución del rediseño del rotor abarca el procedimiento de desmontaje, la fabricación del equipo, el procedimiento de montaje y la puesta en marcha con las pruebas de funcionamiento.

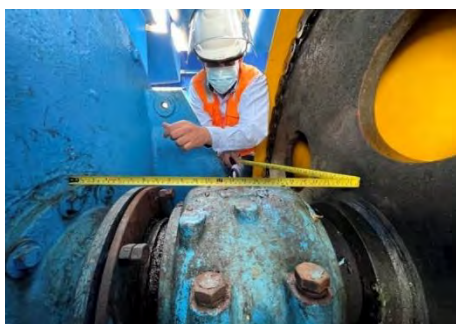
2.1.1. El procedimiento de desmontaje del rotor

El procedimiento de desmontaje del rotor fue definido por el tesista y consta en los siguientes pasos:

- Se inspeccionó el interior de la cocina para ver si existía algún componente en mal estado o que dificultara el desmontaje y posterior montaje. Además, se tomaron medidas del rotor y puntas de eje. En la Figura 28 se observa la medición de la punta de eje lado alimentación.

Figura 28.

Medición de distancia entre tapa bridada y corona de la cocina de pescado para obtener la longitud de la punta de eje del lado de alimentación.



¹¹ En la cocina, el área de transferencia comprende el área externa del rotor y el área interna de las chaquetas.

- Se desarmó la tubería de alimentación de vapor al rotor, la tubería de evacuación de condensado y la tubería de evacuación de incondensables. En la Figura 29 se observa el desmontaje de la tubería de alimentación de vapor, la cual se encuentra en lado de descarga de la cocina.

Figura 29.

Cocina de pescado lado descarga con tubería de alimentación de vapor desmontada.



- Se desmontó la junta rotatoria Johnson, la cual sirve para la alimentación de vapor y evacuación de condensado. Además, se desarmó la junta rotativa de evacuación de incondensables. En la Figura 30 se observa el desmontaje de la junta rotatoria Johnson y la junta rotatoria Johnson desarmada.

Figura 30.

Punta de eje lado descarga con junta Johnson desmontada y junta desarmada de cocina de pescado.



- Se desmontó la guarda o protección de la cadena, posteriormente, la cadena, para poder desmontar la corona con una gata hidráulica. En la Figura 31 se aprecia la maniobra de desmontaje de la corona con una gata hidráulica.

Figura 31.

Maniobra de desmontaje de corona de cocina de pescado con gata hidráulica.



- Se desmontaron los rodamientos de ambos extremos, asimismo, los soportes de pie o chumaceras. Adicionalmente, las mesas de soporte donde se apoyaban las chumaceras. En la Figura 32 se observa el desmontaje de la mesa soporte del lado de alimentación, asimismo se aprecia el rodamiento que se desmontará.

Figura 32.

Desmontaje de mesa soporte de chumacera de la punta de eje del lado de alimentación de la cocina de pescado.



- Se desmontaron los sellos de prensa estopa para poder tener luz entre la carcasa y las puntas de eje. En la Figura 33 se observa la punta de eje y la tapa bridada sin el sello tipo prensa estopa.

Figura 33.

Punta de eje y tapa bridada del lado de alimentación de la cocina de pescado.



- Se desmontó la tapa bridada del lado de alimentación de la cocina y se apoyó el rotor en el interior de la carcasa de la cocina. En la Figura 34 se aprecia el desmontaje de la tapa bridada del lado de alimentación y la cocina con su tapa del lado de alimentación desmontada.

Figura 34.

Desmontaje de tapa bridada del lado de alimentación de la cocina de pescado.



- Se fabricó una estructura tipo pórtico con un punto de anclaje para un teque de cinco toneladas. El pórtico se apoyó sobre dos patines de carga tipo tortuga que se desplazaban sobre vigas que se fijaron en el marco de las escotillas de la cocina.

En la Figura 35 se observa la estructura fabricada montada sobre las tortugas de carga que están sobre vigas a manera de rieles.

Figura 35.

Estructura para desmontaje del rotor de la cocina de pescado.



- Se soldaron dos orejas en el rotor, una perpendicular al eje o rotor cerca al lado de descarga de la cocina, la otra perpendicular a la hélice o disco cerca al lado de alimentación de la cocina. En la Figura 36 se aprecia la oreja perpendicular a la hélice sobre la cual se ha enganchado un tecele de cinco toneladas.

Figura 36.

Posición de tecele de cinco toneladas sobre oreja perpendicular a hélice de rotor de cocina de pescado.



- Se posicionaron dos gatas hidráulicas de 50 toneladas, cada una debajo de las puntas de eje, de tal forma que se pudiera levantar con ambas gatas el rotor.

- Con el tecele de cinco toneladas que estaba anclado sobre el pórtico, se enganchó la cadena del tecele a la oreja perpendicular al eje de tal forma que se mantenía suspendido un lado del rotor.
- Se posicionó una viga al lado de la gata hidráulica que estaba debajo de la punta de eje del lado de alimentación. Sobre la viga se montó una tortuga de carga como punto de apoyo del rotor.
- Se ancló otro tecele de cinco toneladas en la tolva de alimentación de la cocina y se enganchó a la oreja perpendicular a la hélice para genera una carga axial que desplace el rotor fuera de la carcasa. En la Figura 37 se aprecia el punto de anclaje del tecele sobre la tolva de alimentación de la cocina.

Figura 37.

Punto de anclaje de tecele de cinco toneladas sobre tolva de alimentación de cocina de pescado.



- El rotor quedó suspendido en un lado y sobre una tortuga por el otro lado, entonces se retiraron las gatas de las puntas de eje.
- Se jaló la cadena del tecele anclado a la tolva de alimentación y se inició el movimiento de las tortugas a lo largo de sus vigas de soporte, saliendo gradualmente el rotor afuera de la carcasa. El rotor se desplazó 3 metros hacia afuera de la carcasa.

En la Figura 38 se aprecia el desplazamiento del rotor fuera de la cocina.

Figura 38.

Rotor desplazado fuera de la cocina por el lado de alimentación.



- Se cortaron las barandas de las plataformas y escaleras que limitan el desplazamiento del rotor por el lado de alimentación.
- La grúa de 24 toneladas se posicionó en el extremo de alimentación teniendo un ángulo de giro adecuado para el desmontaje de las partes del rotor. En la Figura 39 se aprecia el posicionamiento de la grúa para el desmontaje del rotor.

Figura 39.

Posicionamiento de camión grúa para desmontaje de rotor de cocina de pescado.



- Se desplazó dos metros más el rotor fuera de la carcasa empleando el tecele de cinco toneladas anclado a la tolva de alimentación.
- Se posicionaron unos tacones de madera debajo del rotor como un punto de apoyo.
- Se soldó una oreja de izaje en el rotor, en la parte desplazada fuera de la carcasa (cinco metros). La oreja se usó para sostener el tramo de rotor que se cortará, a la carcasa de la cocina, evitando que cayera de golpe. Para sostenerlo se empleó un tecele de cinco toneladas.

- Se soldó una oreja cerca a la punta de eje para sostener el rotor con la grúa mientras se cortaba el tramo del rotor desplazado fuera de la carcasa.
- Se cortó el tramo de rotor de aproximadamente 5 metros, que equivalía a 5 toneladas aproximadamente, empleando un equipo de oxicorte. En la Figura 40 se aprecia el corte de la aleta del rotor y el corte del eje hueco.

Figura 40.

Corte del rotor de cocina con oxicorte.



- El tramo cortado del rotor se apoyó en los tacos de madera y también se sostuvo con el tecele de cinco toneladas y con la grúa.
- Se ajustaron dos eslingas en dos puntos del tramo cortado del rotor para que fuera sujeta con la grúa, además se amarraron dos cuerdas para evitar que la carga se balanceara. En la Figura 41 se observa el tramo del rotor cortado sostenido por las dos eslingas que están sujetadas con la grúa.

Figura 41.

Tramo cortado del rotor de cocina de pescado sostenido por la grúa.



- Se soltó el tecele de cinco toneladas que sostenía el tramo de rotor cortado, asegurando que la carga quede centrada, apoyándose con las dos cuerdas.
- Se retiraron los tacos de madera donde se apoyaba el tramo cortado del rotor.

- La grúa que tenía suspendido el tramo cortado del rotor giro su brazo y bajó la carga sobre una plataforma. En la Figura 42 se aprecia el izaje del tramo de cinco metros del rotor.

Figura 42.

Izaje de tramo de rotor cortado de la cocina de pescado.



- Se repitió el procedimiento con lo restante del rotor, desplazándolo cinco metros fuera de la carcasa, cortando ese tramo de cinco metros y bajando la carga con grúa a una plataforma, cortándose el rotor en 3 pedazos.
- De retirado el rotor en su totalidad, se revisó el interior de la carcasa. Se midió el espesor de la carcasa en varios puntos. Los valores de espesor se encontraban entre 11 mm y 12.5 mm, valores cercanos al espesor nominal de 1/2 pulgada (12.7 mm).

2.1.2. El rediseño del rotor

En el rediseño se consideró la fórmula de razón de transferencia de calor entre dos fluidos (\dot{Q}) considerando el coeficiente de transferencia de calor total (U) y la diferencia de temperatura media logarítmica (ΔT_{ml}), de acuerdo al libro de Transferencia de calor y masa del ingeniero Yunus A. Cengel (2007, pág. 614).

$$\dot{Q} = U * A * \Delta T_{ml} [kW] \quad (1)$$

El coeficiente de transferencia de calor total (U) está expresado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$, el área de transferencia de calor (A) está expresada en m^2 y la diferencia de temperatura media logarítmica (ΔT_{ml}) está expresada en $^\circ C$.

La diferencia de temperatura media logarítmica (ΔT_{ml}) se calcula con la siguiente fórmula que se encuentra en el libro de Transferencia de calor y masa del ingeniero Yunus A. Cengel (2007, pág. 623).

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (2)$$

En intercambiadores a contraflujo, la variación de temperatura entre extremos del intercambiador según el ingeniero Yunus A. Cengel (2007, pág. 624) se calculan con las siguientes fórmulas:

$$\Delta T_1 = T_{h,ent} - T_{c,sal} \quad (3)$$

$$\Delta T_2 = T_{h,sal} - T_{c,ent} \quad (4)$$

De acuerdo a las antes mencionadas formulas, se tienen la temperatura del fluido caliente al ingreso ($T_{h,ent}$), la temperatura del fluido frío a la salida ($T_{c,sal}$), la temperatura del fluido caliente a la salida ($T_{h,sal}$) y la temperatura del fluido frío a la entrada ($T_{c,ent}$).

El fluido caliente es el vapor saturado que ingresa a la cocina y se mantiene a una temperatura de 164°C aproximadamente (temperatura del vapor saturado a 6 kg/cm²). El fluido frío sería la anchoveta que ingresa a una temperatura aproximada de 15°C y que sale a 95°C.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{(164 - 95) - (164 - 15)}{\ln\left(\frac{164 - 95}{164 - 15}\right)} = 103.92^\circ\text{C}$$

Para calcular la razón de transferencia de calor del pescado se considera la siguiente fórmula:

$$Q_{pescado} = \dot{m}_{pescado} c_{pescado} (T_2 - T_1) [kW] \quad (5)$$

El flujo másico de pescado ($\dot{m}_{pescado}$) era indicado por la capacidad de la cocina, las temperaturas son la del pescado al ingreso y la salida de la cocina y el calor específico del pescado ($c_{pescado}$) se determina por la ecuación planteada por Sánchez Rivera & Torres Cuenca (2019, págs. 27-28).

$$c_{pescado} = c_{H_2O}(\%H) + c_{grasa}(\%G) + c_{sólido}(\%S) [kJ/kg * K] \quad (6)$$

Considerando la Tabla 1 del valor nutricional de la anchoveta, se reemplazan los valores de humedad, grasa y sólido restante, con un calor específico del agua de 4.186 (aprox. 4.19 kJ/kg*K), un calor específico de la grasa de 2.0934 (aprox. 2.09 kJ/kg*K) y un calor específico de 1.18 kJ/kg*K de sólido, tal como los plantea Sánchez Rivera & Torres Cuenca (2019, pág. 60), se calculó el calor específico del pescado.

$$c_{pescado} = (4.19 \text{ kJ/kg} * K)(0.77) + (2.09 \text{ kJ/kg} * K)(0.07) + (1.18 \text{ kJ/kg} * K)(0.16)$$

$$c_{pescado} = 3.56 \text{ kJ/kg} * K$$

Con el calor específico del pescado calculado, se calculó la razón de transferencia de calor del pescado.

$$Q_{pescado} = (50000 \text{ kg/h} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}) (3.56 \text{ kJ/kg} * K) ((95 + 273) - (15 + 273)) K$$

$$Q_{pescado} = 3955.56 \text{ kW}$$

Asimismo, se calculó el coeficiente de transferencia de calor total de la cocina en función del área.

$$U = \frac{3955.56 \text{ kW}}{A(103.92)}$$

$$U = \frac{38063.51}{A} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (7)$$

Para el rediseño se recopilaron los datos del rotor existente y la carcasa, los cuales se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Datos de rotor existente

Descripción	Medida	Unidad
Longitud de eje hueco	13.4	m
Diámetro de eje hueco	856	mm
Espesor de eje hueco	19	mm
Altura de la aleta	250	mm
Número de aletas	53	und
Espesor de aleta	9.5	mm
Ancho que ocupa hélice en el eje	60	mm
Diámetro interior de chaqueta	1416	mm
Diámetro exterior del rotor	1356	mm
Luz entre manto y rotor	30	mm
Ángulo circunferencia del manto ¹²	322	°
Longitud de chaqueta calefaccionada	12	m
Paso de hélice	250	mm

¹² El ángulo circunferencia del manto es el ángulo que tiene la cocina sin las ventanas de inspección ($360 - \alpha_{\text{ventanas}}$). Las ventanas de inspección tienen un ángulo de 38°.

Con los datos obtenidos, se halló el área de transferencia de calor del rotor, considerando la suma del área del eje hueco (AE) con el área de la hélice (AH) restando el área perdida en el eje por la hélice (AP).

$$AR = AE + AH - AP [m^2] \quad (8)$$

El área del eje hueco (AE) se calculó considerando la longitud del eje hueco (LE) y el diámetro del eje hueco (DE). El área fue el producto entre la longitud de arco del eje hueco en metros y la longitud del eje hueco en metros.

$$AE = (LE) * (\pi * DE) [m^2] \quad (9)$$

$$AE = (13.4 \text{ m}) * (\pi * 0.856 \text{ m})$$

$$AE = 36.04 \text{ m}^2$$

El área de la hélice (AH) se calculó considerando el diámetro exterior del rotor (DR), el diámetro del eje hueco (DE) y el número de aletas (NA). El área fue el doble del producto entre el número de aletas y el área de corona circular formada por el diámetro exterior del rotor y el diámetro del eje hueco.

$$AH = 2 * (NA) * \left(\pi * \frac{DR^2 - DE^2}{4} \right) [m^2] \quad (10)$$

$$AH = 2 * (53) * \left(\pi * \frac{1.356^2 - 0.856^2}{4} \right) m^2$$

$$AH = 92.08 \text{ m}^2$$

El área perdida en el eje por la hélice (AP) se calculó considerando el diámetro del eje hueco (DE), el ancho que ocupa la hélice en el eje hueco (AO) y el número de aletas (NA). El área fue el producto entre la longitud de arco del eje hueco en metros, el ancho que ocupa la hélice en el eje hueco en metros y el número de aletas.

$$AP = (AO) * (\pi * DE) * (NA) [m^2] \quad (11)$$

$$AP = (0.06 \text{ m}) * (\pi * 0.856 \text{ m}) * (53)$$

$$AP = 8.55 \text{ m}^2$$

Con los valores obtenidos del área del eje hueco (AE), del área de la hélice (AH) y del área perdida en el eje por la hélice (AP), se reemplaza en la ecuación 8 para tener el valor del área del rotor.

$$AR = 36.04 \text{ m}^2 + 92.08 \text{ m}^2 - 8.55 \text{ m}^2$$

$$AR = 119.57 \text{ m}^2$$

El área de transferencia de la chaqueta (AC) se calculó considerando el Ángulo circunferencia del manto (AM), la longitud de chaqueta calefaccionada (LC) y el diámetro

interior de la chaqueta (DC). El área fue el producto entre la longitud de la chaqueta calefaccionada en metros y la longitud de arco formada por el ángulo circunferencia del manto.

$$AC = (LC) * \left(\left(\frac{AM * \pi}{180} \right) * \frac{DC}{2} \right) [m^2] \quad (12)$$

$$AC = (12 \text{ m}) * \left(\left(\frac{322 * \pi}{180} \right) * \frac{1.416}{2} \right)$$

$$AC = 47.75 \text{ m}^2$$

El área de transferencia de la cocina se calculó sumando el área del rotor (AR) y el área de la chaqueta (AC). Además, se halló el coeficiente de transferencia de calor total con la ecuación 7.

$$AT = AR + AC [m^2] \quad (13)$$

$$AT = 119.57 \text{ m}^2 + 47.75 \text{ m}^2$$

$$AT = 167.32 \text{ m}^2$$

$$U = 227.49 \text{ W} \cdot \text{m}^2 / ^\circ\text{C}$$

De las ecuaciones 8, 9, 10 y 11 se obtuvo la siguiente ecuación del área de transferencia en función del rotor:

$$AR \approx (LE) * (\pi * DE) + 2 * (NA) * \left(\pi * \frac{DR^2 - DE^2}{4} \right) - (AO) * (\pi * DE) * (NA) [m^2]$$

$$AR \approx (LE) * (\pi * DE) + (NA) * \left[2 * \left(\pi * \frac{DR^2 - DE^2}{4} \right) - (AO) * (\pi * DE) \right] [m^2] \quad (14)$$

Debido a la disponibilidad de espacio al interior de la carcasa se optó por emplear el mismo diámetro y espesor del eje hueco del rotor antiguo. Se cambió el número de aletas para aumentar el área de transferencia y se cambió el espesor de aletas al de cocinas Enercom que es menor que el del rotor existente, lo cual disminuye el peso del eje. Se eligieron los valores de las cocinas Enercom por la confiabilidad de sus equipos, pues estos tienen una duración de más de 20 años, por la experiencia que tienen en el desarrollo de estos equipos y por la continua innovación en intercambiadores de calor. Cabe mencionar que las puntas de eje de las cocinas Enercom eran de diámetro similar a las existentes.

De la ecuación 14 y con los valores de la Tabla 4 se obtiene la ecuación del área de transferencia del rotor en función del número de aletas.

$$AR \approx (13.4) * (\pi * 0.856) + 2 * (NA) * \left(\pi * \frac{1.356^2 - 0.856^2}{4} \right) - (0.06) * (\pi * 0.856) * (NA) [m^2]$$

$$AR \approx 36.04 + 1.58 * (NA) [m^2] \quad (15)$$

Para el nuevo rotor se consideró un paso de 230, lo que permitió montar 56 aletas que conformen la hélice y aletas de descarga. Con el nuevo número de aletas y el diámetro de eje hueco conocido, se calculó la nueva área de transferencia para la cocina con el rotor nuevo y se realizaron unos planos preliminares; considerando los datos de la cocina antigua y los datos del rotor nuevo.

Los nuevos valores cuales se presentan en la Tabla 5. En la tabla se hace la diferencia entre valores nuevos y valores disponibles, siendo los segundos los valores que no se pueden cambiar en el rediseño porque no se ha modificado la carcasa.

Tabla 5.

Datos de rotor nuevo

Descripción	Medida	Unidad
Longitud de eje hueco (disponible)	13.4	m
Diámetro de eje hueco (nuevo)	856	mm
Espesor de eje hueco (nuevo)	19	mm
Altura de la aleta (nuevo)	250	mm
Número de aletas (nuevo)	56	und
Espesor de la aleta (nuevo)	8	mm
Ancho que ocupa hélice en el eje (disponible)	60	mm
Diámetro interior de chaqueta (disponible)	1416	mm
Diámetro exterior del rotor (disponible)	1356	mm
Luz entre manto y rotor (disponible)	30	mm
Ángulo circunferencia del manto (disponible)	322	°
Longitud de chaqueta calefaccionada (disponible)	12	m
Paso de hélice	230	mm

Empleando la ecuación 15, con la nueva cantidad de aletas se obtuvo el nuevo valor del área de transferencia del rotor.

$$AR \approx 36.04 + 1.58 * (56) \approx 124.52 \text{ m}^2$$

La nueva área de transferencia de la cocina resultó de la suma entre la nueva área del rotor y el área de la chaqueta.

$$AT = 124.52 \text{ m}^2 + 47.75 \text{ m}^2 = 172.27 \text{ m}^2$$

Con este valor de área de transferencia, considerando el mismo valor del coeficiente de transferencia de calor total, se obtuvo la razón de transferencia de calor del equipo.

$$\dot{Q} = \left(227.49 \frac{W}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right) * (172.27 \text{ m}^2) * (103.92^\circ\text{C}) = 4072.59 \text{ kW}$$

Siendo la razón de transferencia de calor del equipo, mayor a la necesaria para la cocción del pescado, se puede llegar a temperaturas mayores, por ende, se facilita la cocción de pescado de mayor tamaño.

De la geometría de ambas cocinas, considerando la totalidad del rotor en acero estructural ASTM A-36 (límite de fluencia $S_y = 250 \text{ MPa}$), se calculó el peso en ambos casos y el esfuerzo generado por el peso considerando el eje hueco como una viga apoyada en dos puntos.

$$W_{\text{rotor antiguo}} = 14800 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 145.19 \text{ kN}$$

$$W_{\text{rotor nuevo}} = 10900 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 106.93 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}} * \frac{h}{2}}{I} \text{ [MPa]} \quad (14)$$

$$I = \frac{1}{2} m (R_{\text{int}}^2 + R_{\text{ext}}^2) \text{ [kg} \cdot \text{m}^2] \quad (15)$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{W_{\text{rotor}} L_{\text{rotor}}}{4} \text{ [kN} \cdot \text{m]} \quad (16)$$

$$M_{\text{máx rotor antiguo}} = 486.39 \text{ kN} \cdot \text{m} \wedge M_{\text{máx rotor nuevo}} = 358.22 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_{\text{rotor antiguo}} = 2593.44 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \wedge I_{\text{rotor nuevo}} = 1910.03 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$\sigma_{\text{máx rotor antiguo}} \approx 80 \text{ MPa} \wedge \sigma_{\text{máx rotor nuevo}} \approx 80 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{\text{máx}}} \quad (17)$$

$$FS_{\text{rotor antiguo}} = \frac{250}{80} = 3.13 \wedge FS_{\text{rotor nuevo}} = \frac{250}{80} = 3.13$$

Con los nuevos valores de diseño se tiene el mismo factor de seguridad, pero mayor área de transferencia, lo cual es una mejora a nivel de diseño en un intercambiador.

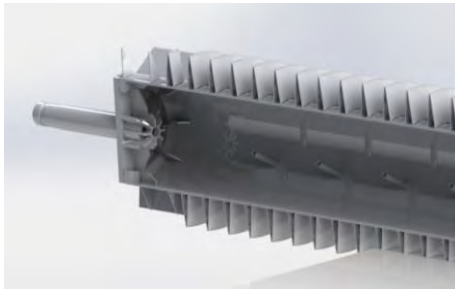
2.1.3. Simulación del diseño

Se ha realizado la simulación del rotor en el software de SolidWorks para validar el diseño.

En la Figura 43 se observa la vista de corte de un extremo del rotor renderizado, donde se observan las tuberías de condensado y las aletas huecas.

Figura 43.

Vista de corte de rotor de cocina de pescado renderizado.



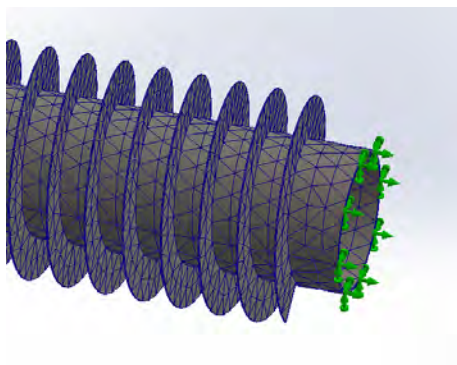
Además, se ha realizado el análisis de esfuerzos y deformaciones con el software antes mencionado. Para la simulación se ha considerado el peso aportado por el pescado, el cual se ha calculado considerando el tiempo de cocción y la velocidad de producción de la planta.

Según lo reportado por el responsable de la operación de la cocina, para una producción de 40 t/h, el tiempo de cocción fue de nueve minutos, siendo un total de seis toneladas aportadas a la cocina durante la cocción. Para garantizar el diseño se ha simulado con 6.5 toneladas de pescado.

En la Figura 44 se observa el mallado del rotor previo a la simulación de esfuerzos y deformaciones. Para facilitar el mallado se han considerado aletas sólidas y no huecas.

Figura 44.

Mallado del rotor de cocina de pescado.



El análisis de esfuerzos y deformaciones se realizó al eje hueco, sin aletas. Asimismo, se realizó la simulación para el eje hueco considerando las aletas.

En la Figura 45 se observan los esfuerzos en los distintos puntos del eje hueco sin aletas. En la Figura 46 se observa la zona crítica donde se tiene un esfuerzo máximo de 11.5 MPa, que da un factor de seguridad de 21.7. En la Figura 47 se observan las deformaciones en el eje, siendo la deformación máxima de 0.89 mm.

Figura 45.

Gráfico resultado de la simulación de esfuerzos del eje hueco.

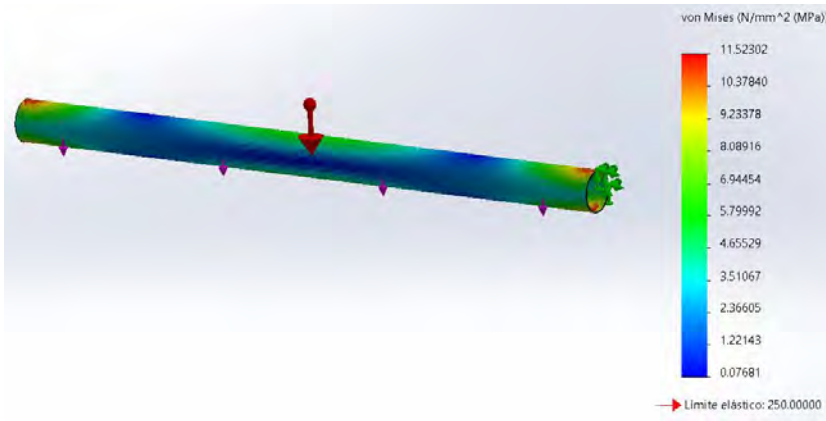


Figura 46.

Zona crítica del eje hueco de rotor.

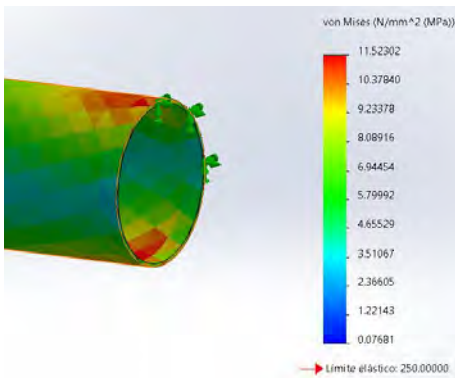
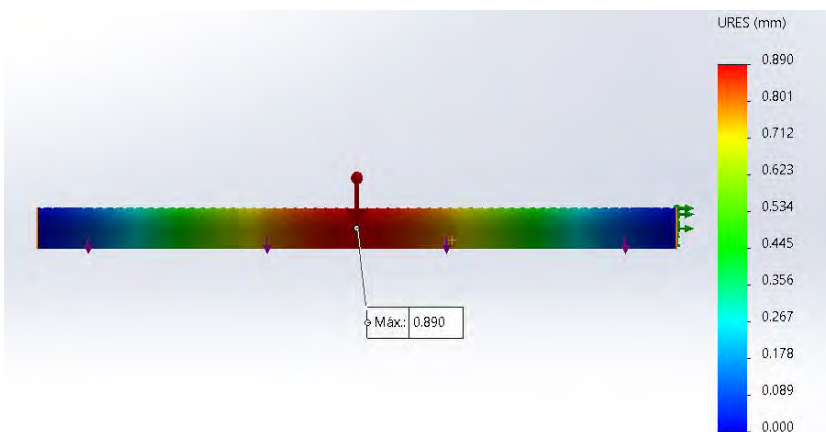


Figura 47.

Gráfico resultado de la simulación de deformaciones del eje hueco.



En la Figura 48 se observan los esfuerzos en los distintos puntos rotor. En la Figura 49 se observa la zona crítica donde se tiene un esfuerzo máximo de 14.7 MPa, que da un factor de seguridad de 17. En la Figura 50 se observan las deformaciones en el rotor, siendo la deformación máxima de 1.09 mm.

Figura 48.

Gráfico resultado de la simulación de esfuerzos del rotor.

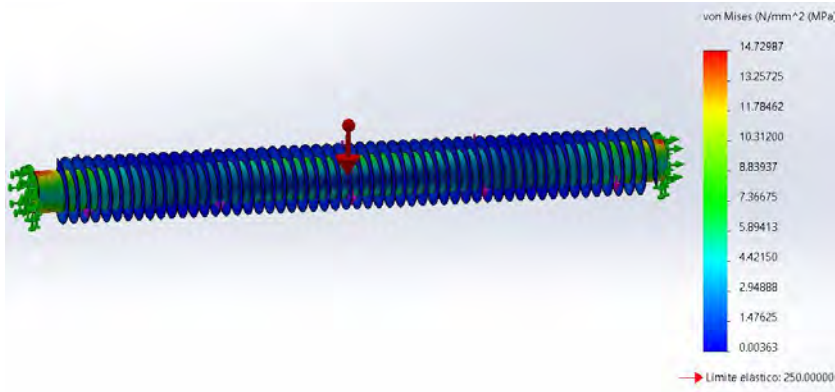


Figura 49.

Zona crítica del rotor.

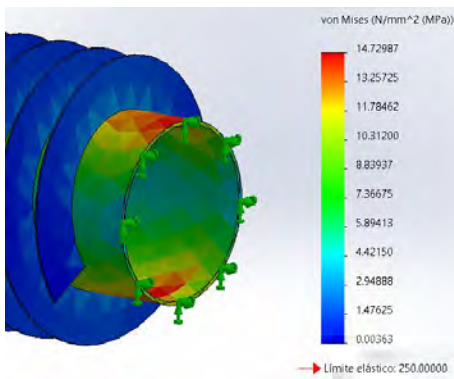
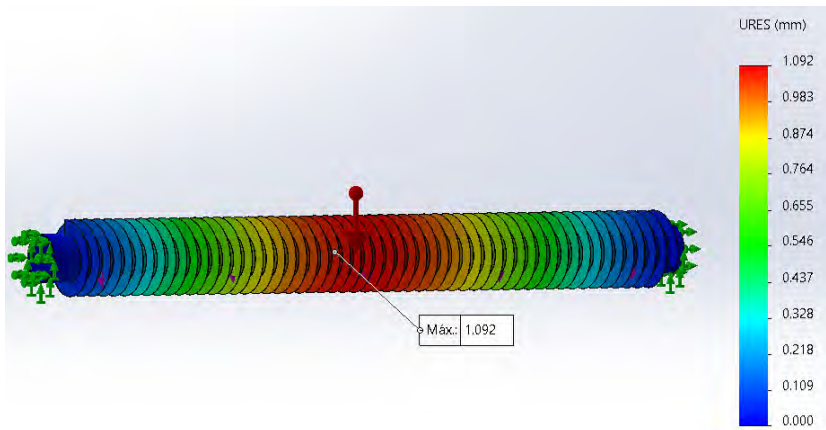


Figura 50.

Gráfico resultado de la simulación de deformaciones del rotor.



2.1.4. El proceso de fabricación del rotor

La fabricación del rotor se realizó en un taller de la ciudad de Nuevo Chimbote y las prensa estopas, mesas soporte y piping de alimentación de vapor y evacuación de condensado se fabricó en un taller de Chancay.

El proceso de fabricación cuenta con los siguientes pasos:

- Se rolaron las planchas que conforman el eje hueco. Las planchas eran de acero estructural ASTM A36 y de 19 mm de espesor y en formato de 1500 mm x 3000 mm. Los empalmes de las planchas se realizaron con soldadura tubular o FCAW. En la Figura 51 se observa el rolado de las planchas que conforman el eje hueco.

Figura 51.

Rolado de planchas.



- Se armó el eje uniendo las planchas roladas o virolas. El eje fue conformado por nueve virolas, de las cuales ocho eran iguales y la novena era de menor longitud que las otras ocho. La longitud total del eje hueco era de 13276 mm. En la Figura 52 se aprecia la unión de las planchas roladas o virolas que conforman el eje hueco.

Figura 52.

Armado de eje hueco del rotor de cocina de pescado.



- Se cortaron con CNC los sectores de corona circular que conforman los discos de la hélice del rotor. Estos sectores de corona circular eran de acero estructural ASTM A36 y de 8 mm de espesor. Los sectores de corona se unieron formando 55 discos o aletas grandes y 55 discos o aletas pequeñas. Las aletas grandes y pequeñas se oponen y

forman la hélice hueca. En la Figura 53 se observan los sectores de corona circular que conforman los discos de la hélice del rotor.

Figura 53.

Sectores de corona circular cortados con CNC.



- Se fabricaron unas aletas para la zona de descarga y una aleta falsa para la zona de alimentación. Se llama aleta falsa porque no es hueca y no está calefaccionada con vapor.
- Se soldó el eje hueco con soldadura tubular o FCAW. En la Figura 54 se observa el proceso de soldeo del eje hueco.

Figura 54.

Soldeo del eje hueco de rotor de cocina de pescado.



- Se trazó la hélice en el eje hueco y se realizaron las perforaciones para las tuberías de alimentación de vapor y las de evacuación de condensado e incondensables. Los agujeros son para tuberías de una pulgada y media. Cada tercio del rotor, las entradas de vapor se desfasaban 120° y la salida de condensado se posicionaron a 180° de las entradas de vapor.

En la Figura 55 se observa el eje hueco con los trazos de las posiciones de las aletas y el perforado que se hace para las tuberías de vapor y condensado.

Figura 55.

Perforación de eje hueco de rotor.



- Se montaron las tuberías al interior del eje que son para alimentación de vapor y evacuación de condensado e incondensables, las cuales eran de una pulgada y media de diámetro y 290 mm de longitud. Cabe resaltar que, fueron 18 tubos para vapor y 18 tubos para condensado.

En la Figura 56 se observan las tuberías de alimentación de vapor y evacuación de condensado al interior del eje hueco.

Figura 56.

Interior del eje hueco del rotor.



- Se realizó el montaje de las aletas como parte del armado de la hélice del rotor. Entre la aleta alta y la aleta chica se montaron unas planchas de 8 mm de espesor para darle rigidez a la hélice.

En la Figura 57 se observa el montaje de la hélice del rotor conformada por sectores de corona circular.

Figura 57.

Montaje de aletas que conforman la hélice del rotor.



- Se realizó el soldeo de todos los empalmes de la hélice del rotor con soldadura FCAW. En la Figura 58 se observa el soldeo entre el eje hueco y la hélice y en la Figura 59, el soldeo de las crestas de la hélice.

Figura 58.

Soldado entre eje y hélice del rotor de cocina.



Figura 59.

Soldado de crestas y empalmes de la hélice del rotor.



- Se comprobó que el eje se mantuviera recto en toda su longitud empleando un cordel. En la Figura 60 se observa la prueba que se hizo con cordel.

Figura 60.

Prueba con cordel de rotor nuevo.



- Se cortaron las planchas que forman las bridas del eje y se maquinaron en el torno. Las bridas de eje eran de acero estructural ASTM A36 y de 63 mm de espesor. En la Figura 61 se observan las bridas del eje maquinadas antes de su montaje.

Figura 61.

Bridas de eje hueco de rotor.



- Se cortaron las planchas que forman las bridas de las puntas de eje y se maquinaron en el torno. Las bridas de las puntas de eje eran de acero estructural ASTM A36 y de

63 mm de espesor. En la Figura 62 se observan las bridas de las puntas de eje, las cuales se soldaron a los ejes y se atiesaron para ganar rigidez.

Figura 62.

Bridas parte de las puntas de eje del rotor.



- Se montaron las bridas del eje hueco y se atiesaron con unas cartelas de 16 mm de espesor. En la Figura 63 se observa la brida del eje montada. Esta imagen corresponde al rotor lado de alimentación.

Figura 63.

Brida montada al eje hueco del rotor.



- Se maquinaron los ejes de las puntas de eje. El material de los ejes es de calidad SAE 1045 y son de ocho pulgadas de diámetro. La punta de eje del lado de descarga tiene una perforación de 125 mm de diámetro y una longitud de 1190 mm y la punta de eje del lado de alimentación tiene una perforación de 38 mm y una longitud de 1140 mm.

En la Figura 64 se observa el maquinado de la barra de acero del eje que forma parte de la punta de eje del lado de descarga y los ejes que conforman las puntas de eje.

Figura 64.

Maquinado de ejes en torno y ejes preparados para puntas de eje del rotor de cocina de pescado.



- Se armaron las puntas de eje y se atiesaron con unas cartelas de 16 mm de espesor. En la Figura 65 se observan la brida y eje que se han atiesado formando la punta de eje.

Figura 65.

Brida y punta de eje atiesadas.



- Se soldaron las puntas de eje. En la Figura 66 se aprecia el soldeo de la punta de eje.

Figura 66.

Soldeo de punta de eje de lado de descarga del rotor.



- Se realizó el montaje de las puntas de eje en el rotor. En la Figura 67 se observa el montaje de las puntas de eje y en la Figura 68, la punta de eje del lado de descarga montada.

Figura 67.

Montaje de punta de eje del rotor.



Figura 68.

Punta de eje de lado descarga del rotor montada.



- Se soldaron las bridas del eje hueco manteniendo el ajuste de las puntas de eje, lo que garantizaba que por la soldadura se moviera la posición de las bridas. En la Figura 69 se aprecia el soldeo de la brida del eje.

Figura 69.

Soldado de la brida del eje hueco del rotor.



- Se desmontaron las puntas de eje para montar los sellos u o’rings, los cuales son de viton que resisten temperaturas aproximadas de 200° Celsius. En la Figura 70 se observa el montaje del sello u o’ring que va entre el eje y las puntas de eje.

Figura 70.

Montaje de o’ring de punta de eje de rotor.



- Se montaron las puntas de eje y se ajustaron los pernos aplicando el torque correspondiente a la medida de los pernos. Para pernos de una pulgada, grado ocho se consideró un torque de 900 lb-ft.
- Se relleno el alojamiento de la corona para el nuevo diámetro de la punta de eje y posteriormente se mecanizó. El diámetro del alojamiento es de 194 mm. En la Figura 71 se observa el eje relleno con soldadura del alojamiento de la corona y su posterior maquinado para el diámetro de la punta de eje nueva.

Figura 71.

Rellenado con soldadura y maquinado de alojamiento de corona de cocina de pescado.



- Se realizó la prueba hidrostática. Según ASME (2011), la presión de prueba es igual o mayor a 1.3 veces la presión de diseño. Considerando que la presión máxima de trabajo es de 6 kg/cm², la presión de prueba tenía que ser mayor o igual a 7.8 kg/cm².

En la Figura 72 se observa el punto por donde se alimentó con agua el rotor. En la Figura 73, el punto de evacuación de agua. En la Figura 74, el manómetro donde está la presión de prueba que fue aproximadamente de 150 PSI, equivalente a 10.5 kg/cm².

Figura 72.

Punto de alimentación de agua al rotor.



Figura 73.

Punto de evacuación de agua con válvula cerrada.



Figura 74.

Manómetro donde se indica la presión de prueba.



- Se vació el agua empleada en la prueba hidrostática del rotor y se montó el tubo pescador. En la Figura 75 se aprecia el montaje del tubo pescador.



Figura 75.*Tabo de pescador montado.*

- Se montó el rotor sobre un camión para su traslado a la planta harinera en el puerto de Chancay.
- Se modificaron las tapas bridadas de la cocina para el nuevo rotor. En la Figura 76 se observa la modificación de las tapas bridadas de la cocina para el nuevo rotor y nuevos sellos de prensa estopa.

Figura 76.*Modificación de tapas bridadas de cocina.*

- Se fabricaron a partir de planchas de acero estructural ASTM A36 los nuevos sellos de prensa estopa para el nuevo rotor. En la Figura 77 se observan los sellos de prensa estopa para ambos lados de la cocina.

Figura 77.*Sellos de prensa estopa nuevos de cocina de pescado.*

2.1.5. El procedimiento de montaje del rotor

El procedimiento de montaje del rotor fue definido por el tesista y constó en los siguientes pasos:

- Se cortaron las barandas y escaleras soldadas a la plataforma de la cocina en el lado de alimentación para tener mayor espacio para la maniobra de montaje.
- Se fabricó una estructura temporal como punto de apoyo para el montaje del rotor nuevo, la cual era un punto de apoyo para el cambio de maniobra de la grúa. En la Figura 78 se observa la estructura temporal de apoyo fabricada.

Figura 78.

Estructura temporal de apoyo.



- Se posicionará la estructura y se soldará a las vigas principales de la plataforma para mantenerla fija. En la Figura 79 se observa el soldeo de la estructura a las vigas principales después de ser posicionada para la maniobra.

Figura 79.

Soldo de estructura a vigas principales de la plataforma de cocinas.



- La grúa de 90 toneladas se posicionó en el lado de alimentación de las cocinas donde iba a realizar la maniobra de izaje. En la Figura 80 se observa la grúa de 90 toneladas posicionada.

Figura 80.

Grúa de 90 toneladas en la posición donde hará la maniobra de izaje.



- Se aseguró con eslingas el rotor y se engancharon a la pluma de la grúa.
- Se amarraron dos cuerdas en los extremos para evitar que la carga se balancee. En la Figura 81 se observa la grúa de 90 toneladas sosteniendo el rotor con dos eslingas, mientras que dos operadores se encuentran sujetando las cuerdas para evitar que se balancee la carga.

Figura 81.

Maniobra de izaje de rotor de cocina.



- Se izó el rotor alineándolo con el eje del cuerpo de la cocina. Posteriormente, se introdujo el rotor dentro del cuerpo de la cocina hasta que las eslingas que sujetaban el rotor tocaran con algún componente de la cocina.

En la Figura 82 se observa el alineamiento del rotor con la cocina y en la Figura 83, el rotor ingresando en la carcasa.

Figura 82.
Alineamiento del rotor con la cocina.

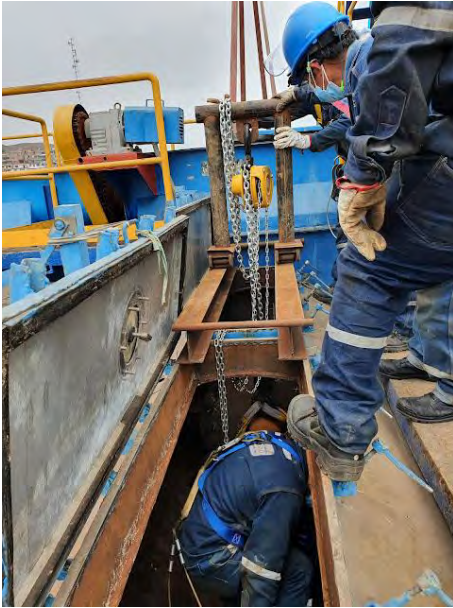


Figura 83.
Ingreso del rotor en la cocina.



- Cuando las eslingas topaban con la cocina, se bajó el rotor apoyándolo sobre la carcasa de la cocina y en la estructura temporal de apoyo. En la plataforma de la cocina se posicionaron unas tortugas debajo del rotor para desplazar el rotor apoyado en estas.
- Se empleó la estructura tipo pórtico que se utilizó en el desmontaje para sostener con un teclé el extremo del rotor que ya había ingresado a la cocina. El rotor se desplazaría con las tortugas de la estructura tipo pórtico y con las que estaban debajo del rotor sobre la plataforma de la cocina. En la Figura 84 se observa la estructura tipo pórtico que se empleó en el desmontaje sosteniendo el rotor nuevo.

Figura 84.
Estructura pórtico sosteniendo el rotor nuevo.



- Cuando se tenía sostenido el rotor por la estructura tipo pórtico y estaba apoyada sobre las tortugas de carga debajo del rotor, se levantó con la grúa el extremo apoyado en la estructura temporal de apoyo. Con un tecele de cinco toneladas, anclado en lado de descarga de la cocina, se jaló el rotor hacia dentro de la carcasa. Se empleó otro tecele de cinco toneladas para evitar que se soltara el rotor y se deslizara hacia la descarga de la cocina, es decir como un freno de emergencia.

En la Figura 85 se observa el tecele de cinco toneladas anclado en la carcasa, que se empleó para jalar el rotor al interior de la cocina. El rotor se sostenía por la estructura tipo pórtico y por la grúa. En la Figura 86 se visualiza el rotor sostenido por la grúa para que no quede apoyado en la estructura provisional de apoyo.

Figura 85.
Tecele anclado en la carcasa para jalar el rotor.



Figura 86.

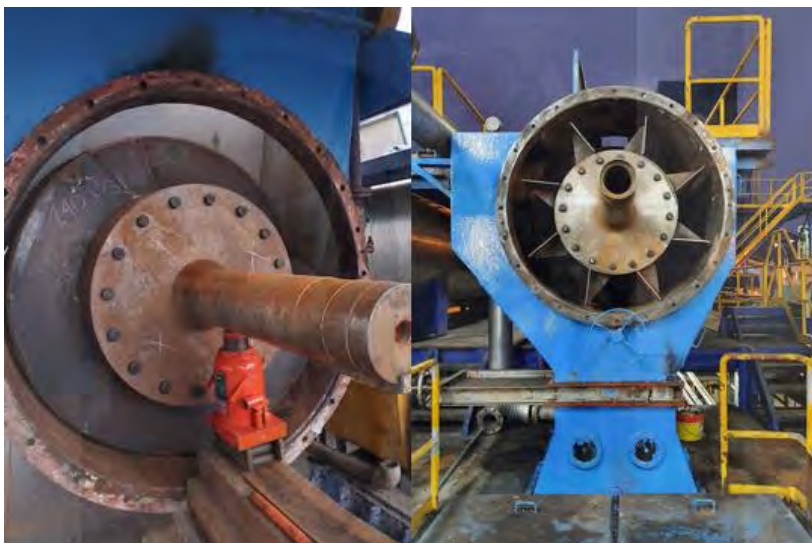
Lado del rotor sostenido por grúa.



- Se desplazó el rotor al interior de la cocina hasta donde la pluma de la grúa lo permitió. Posterior a esto, se asentó el rotor en la estructura temporal de apoyo y se posicionaron los teclados y las tortugas para repetir la maniobra de ingreso del rotor. Se levantó el extremo del rotor apoyado en la estructura soporte con la grúa y se jala con el teclado anclado a la descarga.
- Cuando se posicionó el rotor en su posición definitiva se bajó la pluma de la grúa y se dejó apoyado el rotor en la carcasa.
- Con unas gatas hidráulicas apoyadas en las puntas de eje se levantó el rotor alineándolo con el eje de la cocina. En la Figura 87 se observa el rotor levantado con la gata hidráulica de 50 toneladas y la posición final del rotor, concéntrico con la carcasa.

Figura 87.

Rotor en su posición final levantado por la gata hidráulica.



- Se colocaron ambas tapas bridadas de la cocina. En la Figura 88 se observa las tapas bridadas de la cocina montadas.

Figura 88.

Tapas de alimentación y descarga montadas en la carcasa.



- Se armaron los sellos del tipo prensa estopa entre las puntas de eje y las tapas bridadas de la cocina. El empaque entre el sello y la prensa era grafitado de perfil cuadrado de 5/8 de pulgada. En la Figura 89 se observa el sello del tipo prensa estopa desarmado y montado sobre la punta de eje de la descarga.

Figura 89.

Sello prensa estopa de la cocina de pescado.



- Se montaron las mesas soporte de las chumaceras en ambos extremos, los rodamientos y las chumaceras. Los rodamientos eran marca FAG modelos 23144 BE XL K C3 y el 23144 BE XL K C4 y las chumaceras o soportes de pie eran marca GLH modelo SD 3144 TS MB que traían sello laberinto y anillos de fijación.

En la Figura 90 se observa la mesa soporte de chumacera del lado de alimentación y el montaje del rodamiento y chumacera.

Figura 90.

Mesa soporte de chumacera, rodamiento y chumacera del lado de alimentación de la cocina de pescado.



- Se montó la corona empleando un tornillo en el eje para empujar la corona a su posición en el eje motriz.
- Se armó la junta rotatoria Johnson modelo 1000 LJSRPQ del lado de alimentación de vapor y evacuación de condensado. Se montó la junta rotatoria modelo 3500-SXA para evacuación de incondensables.

En la Figura 91 se observa la junta rotatoria Johnson de alimentación de vapor para conexión de seis pulgadas de diámetro. En la Figura 92 se visualiza la junta rotatoria de evacuación de incondensables para conexión de una pulgada y media de diámetro

Figura 91.

Junta rotatoria Johnson bidireccional de alimentación de vapor y evacuación de condensado de la cocina de pescado.



Figura 92.

Junta rotatoria unidireccional de evacuación de incondensables de la cocina de pescado.



- Se armó el piping de alimentación de vapor y evacuación de condensado del rotor de la cocina, además, se armó el piping de evacuación de incondensables.

En la Figura 93 se aprecia el piping de alimentación de vapor en tubería de seis pulgadas, Schedule 40, con un flexible de 520 mm de longitud. También, la salida de condensado en tubería de 2 pulgadas y media, Schedule 40, con un flexible de 570 mm de longitud.

En la Figura 94 se aprecia el piping de evacuación de condensado en tubería de 2 pulgadas y media, Schedule 40.

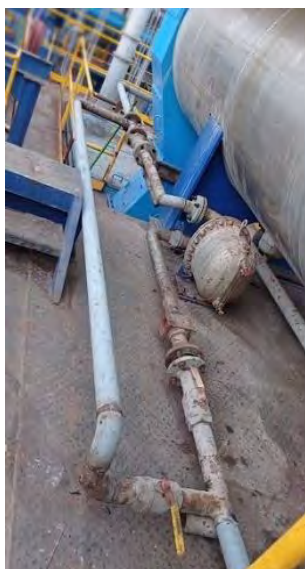
Figura 93.

Piping de alimentación de vapor en 6" y salida de condensado en 2 ½" de la cocina de pescado.



Figura 94.

Piping de evacuación de condensado en 2 ½" de la cocina de pescado.



En la Figura 95 se visualiza la tubería de evacuación de incondensable en tubería de 1 pulgada y media, Schedule 40.

Figura 95.

Piping de evacuación de incondensables en 1 ½" de la cocina de pescado.



- Se revisó que no haya rozamiento entre el rotor y estator, ni entre las puntas de eje con las tapas bridadas de la cocina, también, se revisó que el rotor se mantuviera concéntrico y que no hubiera alguna restricción al giro.
- Se ajustaron las prensa estopas de ambas puntas de eje de la cocina.
- Se montaron el motorreductor, la cadena y se alineó el conjunto motriz, después la guarda de cadena. En la Figura 96 se observa el piñón motriz alineado con la corona.

Figura 96.

Alineamiento de sistema motriz de cocina de pescado.



2.1.6. La puesta en marcha del cocedor

Antes de la puesta en marcha se realizaron pruebas de giro con vapor, en las que se presenció rozamiento entre el rotor y la carcasa, la cual estaba deformada en unos puntos, por lo que se optó por deformar el rotor nuevo para que quedé acorde a la carcasa.

El rotor se calentó con soplete y luego se le lanzó agua fría con una manguera, para deformar el rotor, dejando de rozar con la carcasa.

Posterior a esta deformación intencionada que se le hizo al eje, se realizó el primer arranque con carga (alimentando con pescado), siguiendo las siguientes indicaciones:

- Las válvulas de venteo de la chaqueta y del rotor se abrieron, asimismo las válvulas de evacuación de condensado al piso y el by pass de trampa de vapor.
- Para el arranque se precalentó la cocina abriendo la válvula de vapor paulatinamente en el lapso de 15 minutos.
- Posterior al precalentamiento, se encendió el motorreductor para que gire el tornillo. El arranque fue progresivo y la velocidad del rotor subió de 0 a 2 rpm en intervalos de 0.5 rpm.
- Después del arranque se realizó la purga de incondensables, para esto, se cerraron las válvulas de evacuación de condensado al piso, by-pass y venteos de la chaqueta, además, se cerró la purga de incondensables hasta que la presión de vapor llegó a 60 psi.
- A continuación, se cerró la alimentación de vapor y se abrió la purga de incondensables por un minuto hasta que la presión del tornillo bajo a 10 psi. Se cerró la purga de incondensables y se abrió la alimentación de vapor al tornillo dejando el rotor en una presión de 60 psi. Esta purga de incondensables se realizó dos veces antes de que se alimentara de pescado.
- El procedimiento de purga de incondensables se realizó cada cuatro horas de producción para garantizar que no se acumulen incondensables.
- Finalmente, se ajustó la presión inicial del rotor en 60 psi y de la chaqueta en 15 psi y se aumentó la velocidad del tornillo. Estando la velocidad entre 3 y 5 rpm, se bajó la presión de vapor entre 30 y 50 psi y la chaqueta se mantuvo en 15 psi.

2.1.7. Beneficios y dificultades de la implementación

Como beneficio; en primer lugar, permitirá tener una mejor evacuación de condensado que el diseño antiguo; al contar con componentes modernos, se facilita conseguir repuestos.

En segundo lugar, este rediseño tiene igual un factor de seguridad que el diseño anterior, lo que garantiza la integridad del rotor por lo menos la misma cantidad de años que el rotor antiguo. Al haber sometido el equipo a un overhaul, se disminuye el riesgo de que el equipo deje de funcionar y disminuya la capacidad de planta.

Por otro lado, como dificultades, se tiene; en primer lugar, que, durante la adquisición de los materiales no se consiguieron ejes huecos para la fabricación de las puntas de eje, al ser ejes sólidos se empleó más tiempo en perforar y maquinar los ejes.

En segundo lugar, al terminar la prueba hidrostática no se pudo eliminar la totalidad del agua, lo que aumentó el peso del rotor, dificultando el transporte y el montaje.

En tercer lugar, durante el montaje hubo una estructura que dificultaba la maniobra, por lo que se desmontó y se trasladó a otro punto. Al final de las maniobras de montaje se tuvo que regresar la estructura a su posición. Para facilitar el montaje del eje, se tuvieron que cortar las aletas de descarga. Para futuros proyectos se podría considerar soldar las aletas en planta.

En cuarto lugar, al no haberse revisado el diámetro de la carcasa en distintos puntos (solo se midió espesores), no se pudo prever que durante la operación iba a haber rozamiento entre el rotor y las zonas deformadas de la carcasa. Por la deformación de la carcasa se tuvo que deformar el rotor en unos puntos.

2.1.8. Resultados

El procedimiento de desmontaje del rotor fue realizado considerando la seguridad de los trabajadores y las herramientas disponibles. Cortar el rotor en tres partes (cinco toneladas cada una) permitió realizar la descarga con una grúa de 24 toneladas de capacidad. Emplear la estructura tipo pórtico sobre las tortugas de carga y el teclé anclado en la estructura, permitió desplazar el rotor hacia afuera de la carcasa en una sola jornada de trabajo (8 horas).

Con el diseño nuevo de rotor se ha obtenido una mayor área de transferencia de calor, lo que se traduce en una mayor razón de transferencia de calor (\dot{Q}) al del rotor anterior, permitiendo llegar a temperaturas más altas, además, se conserva el factor de seguridad. En la Tabla 6 se tiene una comparación entre el rotor antiguo y el rotor nuevo.

Tabla 6.

Comparación entre rotor antiguo y rotor nuevo

Descripción	Valor de Rotor Antiguo	Valor de Rotor Nuevo
Área de Transferencia de cocina (m²)	167.32	172.27
Razón de transferencia de calor (kW)	3955.56	4072.59
Factor de seguridad	3.13	3.13
Peso del rotor (kg)	14800	10900

En la fabricación se consideró realizar la prueba hidrostática del rotor a una presión igual o mayor a 1.3 veces la presión de diseño. La presión de prueba tenía que ser mayor o igual a 7.8 kg/cm² y la prueba se realizó a una presión aproximada de 150 PSI, equivalente a 10.5 kg/cm².

El procedimiento de montaje del rotor fue realizado considerando la seguridad de los trabajadores y las herramientas disponibles. Emplear la estructura provisional para cambio de maniobra que se soldó a la plataforma de las cocinas, permitió realizar el izaje con una grúa de 90 toneladas y no requerir una de mayor capacidad. Emplear la estructura tipo pórtico sobre las tortugas de carga y el tecele anclado en la estructura, permitió desplazar el rotor hacia adentro de la carcasa en una sola jornada de trabajo (8 horas).

Se debe destacar que, el responsable de operación de la cocina, quien cuenta con 26 años de experiencia a sus 66 años, fue consultado sobre el desempeño del equipo e indicó que no tuvo inconvenientes en alcanzar la temperatura de cocción del pescado, incluso podía alcanzar temperaturas mayores que con el diseño antiguo. Actualmente, el nuevo diseño trabaja entre 85 y 100°C, siendo los 100°C empleados en pescado fresco y de longitudes mayores a los 15 cm, a diferencia del diseño antiguo que sólo llegaba a temperaturas entre 75°C y 90°C. Asimismo, el responsable de la operación de la cocina también resaltó la mejora en la evacuación de condensado, con la nueva junta rotatoria Johnson y la distribución de las tuberías de evacuación de condensado al interior del rotor se permitió una evacuación continua.

A la fecha, el equipo ha presentado un correcto desempeño según lo reportado, llegando a la temperatura de trabajo sin inconvenientes, evacuando continuamente el condensado, por lo que se puede implementar el mismo plan de trabajo a las demás cocinas del mismo modelo.

Conclusiones

En el marco de la investigación llevada a cabo para el "Rediseño de rotor de cocina de pescado de 50 t/h para planta harinera en el puerto de Chancay", se han alcanzado conclusiones valiosas que destacan la importancia y los resultados obtenidos a lo largo de este estudio:

- Se ha realizado el nuevo diseño del rotor y ha tenido resultados positivos en la operación, logrando alcanzar temperaturas más altas entre 85-100°C, por lo que, aplicando la misma metodología, se puede replicar el diseño en equipos similares de fabricantes de cocinas, que ya no existen en el mercado.
- El diseño del nuevo rotor consideró datos del fabricante Enercom debido a que son valores probados en la industria, pero se podría optar por calcular el diámetro y espesor del eje hueco, el espesor de las aletas, el espesor de las bridas y otros componentes. En futuras investigaciones se podrían calcular los datos anteriormente mencionados.
- En el diseño del rotor se ha simplificado el cálculo de esfuerzos a considerar el rotor como una viga apoyada sobre las dos chumaceras. Las puntas de ejes son de diámetro similar y el sistema motriz no se ha cambiado, por eso se ha considerado solo el esfuerzo generado por el peso del rotor.
- El diseño del nuevo rotor tiene mayor área de transferencia de calor, 4.95 m² más que el antiguo, aunque considera el mismo diámetro del eje hueco y altura de hélices que el rotor antiguo: $\varnothing_{rotor} = 856 \text{ mm}$ y $h_{aleta} = 250 \text{ mm}$. El aumento de área de transferencia se debió al aumento de tres aletas más que el rotor antiguo, el aumentar el área de transferencia permite llegar a temperaturas más altas.
- El nuevo diseño tiene 3.9 t menos de peso que el antiguo y una mejor área de transferencia, conservando el factor de seguridad en 3.13, lo que implica que se tiene un diseño que aporta más calor a menor peso, que se traduce en un menor costo de fabricación.
- El nuevo rotor evacúa continuamente el condensado por tener componentes más modernos y ha sido diseñado para 50 t/h de pescado, lo cual garantiza la correcta cocción del pescado, que se traduce en poder obtener harina de mejor calidad y en las cantidades deseadas por el cliente.
- Realizar procedimientos de montaje y desmontaje permitió disminuir el tiempo de las maniobras a una jornada de 8 horas por montaje y una jornada de 8 horas por desmontaje. Asimismo, el cortar el rotor en tres partes permitió emplear una grúa de 24 t y no una de mayor capacidad, dado que el rotor entero pesaba 14.8 t.
- La estructura tipo pórtico sobre tortugas de carga permitió realizar el movimiento axial del rotor en la carcasa, dado que la pluma de la grúa no puede ser empleada para jalar o empujar la carga.

- En el montaje de un rotor nuevo, se debe considerar el peso del agua residual de la prueba hidrostática. Asimismo, se recomienda montar las aletas de descarga posterior al montaje para facilitar el montaje del rotor y medir el perímetro interior de la carcasa en varios puntos para prever zonas donde rozarán los componentes.
- Los resultados de las pruebas realizadas para evaluar el rendimiento del nuevo rotor mostraron mejoras significativas al alcanzar mayores temperaturas, permitiendo la cocción en menor tiempo para pescados de mayor tamaño. Este diseño permite tener mayor razón de transferencia de calor a un menor peso, es decir, es más rentable fabricar este diseño que replicar el diseño antiguo.



Referencias

- Abal Cáceres, A. E., & Rondón Terrones, M. E. (2019). Modelación de un cocedor a vapor indirecto de 60 TPH de capacidad para harina de pescado. *[Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico]*. Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote, Perú. Recuperado el 2023, de Modelación de un cocedor a vapor indirecto de 60 TPH de capacidad para harina de pescado: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3494/49957.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Armstrong International Inc. (1998). *Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados*. Recuperado el 2023, de Armstrong International Inc: www.armstrong-intl.com
- Austral Group S. A. A. (2016). *Catálogo de Productos*. Obtenido de Catálogo de Productos: <https://www.austral.com.pe/reportes/catalogo-productos-2016.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2022). *Pesqueros - harina de pescado - Precio (US\$ por toneladas)*. Recuperado el 2023, de BCRPData: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05419BA/html/1980/2022/>
- Barrera Medina, C. (2020). Propuesta de un Modelo de Confiabilidad QA para Mantenimiento Overhaul en la Empresa PCB Ingeniería SAS. *[Investigación para obtener el título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento]*. Universidad ECCI, Bogota, Colombia. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/777/Modelo%20Confiabilidad%20QA%20Mantto%20Overhaul.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Overhaul%3A%20Servicio%20de%20mantenimiento%20preventivo,prolongar%20la%20vida%20del%20activo.>
- Burgos Soto, C. A. (2014). Tratamiento del agua de bombeo para la recuperación de aceite y sólidos en la empresa pesquera Tecnológica de Alimentos S. A. *[Informe de experiencia profesional para optar por el Título de Ingeniero Agroindustrial]*. Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote, Perú. Recuperado el 2023, de

<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/1949/27273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa* (Tercera ed.). (P. E. Roig Vázquez, A. L. Delgado Rodríguez, R. Del Bosque Alayón, Edits., J. H. Pérez Castellanos, & J. Enríquez Brito, Trads.) Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado el 2023

Editora Perú. (23 de Julio de 2020). *Pesca aportará más de US\$ 1,000 millones al PBI*. Recuperado el 08 de Octubre de 2023, de El Peruano: <https://elperuano.pe/noticia/100006-pesca-aportara-mas-de-us-1000-millones-al-pbi>

Elika Seguridad Alimentaria. (2021). *Histamina*. Recuperado el 2023, de Elika Seguridad Alimentaria: <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/histamina/>

Enercom S. A. (2005). *Manual del Usuario Cocedor 50 ton/hr*. Lima.

Enercom S. A. (2019). *Inducción de personal nuevo*. Lima.

Enercom S. A. (2020). *Ingeniería de ampliación de capacidad de PAC*. Lima.

Enercom SpA. (2020). *ENERCOM SpA. Innovación para secadores de clase mundial*. Recuperado el 2023, de Enercom SpA.: <https://www.enercom.cl/#!/es>

Eurolab Laboratory Services. (2023). *Análisis de nitrógeno básico volátil total (TVB-N)*. Recuperado el 2023, de Eurolab Laboratory Services: [https://www.laboratuar.com/es/testler/kimyasal-testler/toplam-ucucu-bazik-azot-\(tvb-n\)-analizleri/](https://www.laboratuar.com/es/testler/kimyasal-testler/toplam-ucucu-bazik-azot-(tvb-n)-analizleri/)

Flottweg SE. (2023). *Tricanter de Flottweg*. Recuperado el 2023, de Flottweg: <https://www.flottweg.com/es/la-gama-de-productos/tricanter/>

Haarslev Processing Technology. (2023). *Prensa de Doble Tornillo*. Recuperado el 2023, de Haarslev: <https://es.haarslev.com/products/twin-screw-press/>

Index Mundi. (2023). *Producción de Harina de pescado de Perú*. Recuperado el 2023, de Index Mundi: <https://www.indexmundi.com/Agriculture/?pais=pe&producto=harina-de-pescado&variable=produccion&l=es>

Index Mundi. (2023). *Producción de Harina de pescado por país en miles de toneladas*. Recuperado el 2023, de Index Mundi: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=harina-de-pescado&variable=produccion&l=es>

Inprocess Automatización Industrial. (2023). *Automatización de Separadora de Sólidos con motor Hidráulico*. Recuperado el 2023, de Inprocess Automatización Industrial: <https://inprocess.com.pe/automatizacion-de-separadora-de-solidos-con-motor-hidraulico/#:~:text=Las%20separadoras%20de%20solidos%20ocupan,y%20el%20tambor%20giratorio%20fijo.>

Instituto del Mar del Perú. (2006). *Anchoveta*. Recuperado el 2023, de Instituto del Mar del Perú: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/recursos_pesqueras/adj_pelagi_adj_pelagi_anch_mar07.pdf

Kadant Fluid Handling. (2023). *Juntas Rotativas y Uniones Rotativas*. Recuperado el 2023, de Kadant Fluid Handling: <https://fluidhandling.kadant.com/es/productos/juntas-y-uniones-rotativas/juntas-rotativas-estandar>

La organización de ingredientes marinos. (2018). *Anchoveta Peruana*. Recuperado el 2023, de IFFO: https://www.iffco.com/system/files/downloads/Peru%20Anchovy%20-%20Feed%20not%20Food%20factsheet%20-%20Spanish_110917_0.pdf

La organización de Ingredientes Marinos. (2020). *Fuentes más comunes de ingredientes marinos*. Recuperado el 2023, de IFFO: <https://www.iffco.com/es/fuentes-mas-comunes-de-ingredientes-marinos#:~:text=La%20harina%20de%20pescado%20contiene,denominados%20'omega%20%2D3s%20'>.

Liu, L. (2020). *9 Aminoácidos esenciales | Alimentos donde podemos encontrarlos*. Recuperado el 2023, de Foodunfolded: <https://www.foodunfolded.com/es/articulo/9-aminoacidos-esenciales-alimentos-donde-podemos-encontrarlos>

Ministerio de Producción. (27 de Junio de 2001). Resolución Ministerial N° 209-2001-PE. Lima, Perú: El Peruano.

Ministerio de Producción. (28 de Junio de 2008). Decreto Legislativo N° 1084. Lima, Perú: El Peruano.

National Institutes of Health. (2022). *Ácidos grasos omega-3*. Recuperado el 2023, de National Institutes of Health: [https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-DatosEnEspañol/#:~:text=Los%20%C3%A1cidos%20grasos%20omega%2D3%20se%20encuentran%20en%20alimentos%20como,el%20%C3%A1cido%20docosahexaenoico%20\(DHA\).](https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-DatosEnEspañol/#:~:text=Los%20%C3%A1cidos%20grasos%20omega%2D3%20se%20encuentran%20en%20alimentos%20como,el%20%C3%A1cido%20docosahexaenoico%20(DHA).)

Oestergaard Kontinuer. (2023). *Equipo Pré-Strainer*. Recuperado el 2023, de Oestergaard Kontinuer: <https://www.kontinuer.com/es/equipos/pre-strainer/>

Rubio Gonzales, J. M. (2019). Evaluación técnica económica en una planta pesquera en Chimbote, al instalar un segundo secador a fuego directo en la primera etapa de secado para la línea de harina y aceite de pescado. [Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4219>

Sánchez Rivera, I. W., & Torres Cuenca, D. E. (2019). Rediseño de un cocinador indirecto con capacidad de 60 t/h de pescado utilizando un software de programación en la empresa Fabricaciones Industriales D&F E.I.R.L. [Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecánico Electricista]. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6616>

Silva Ortiz, D. (2003). Elaboración de harina de pescado. [Estudio monográfico para optar por el Título de Licenciado en Tecnología de los Alimentos]. Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 2023, de https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/4068/SilvaOrtiz_2003.pdf?sequence=1

Sociedad Nacional de Pesquería. (2022). *Reporte de sostenibilidad 2021 de la sociedad nacional de pesquería*. Recuperado el 2023, de Sociedad Nacional de Pesquería: <https://www.snp.org.pe/sala-de-prensa/reporte-de-sostenibilidad/>

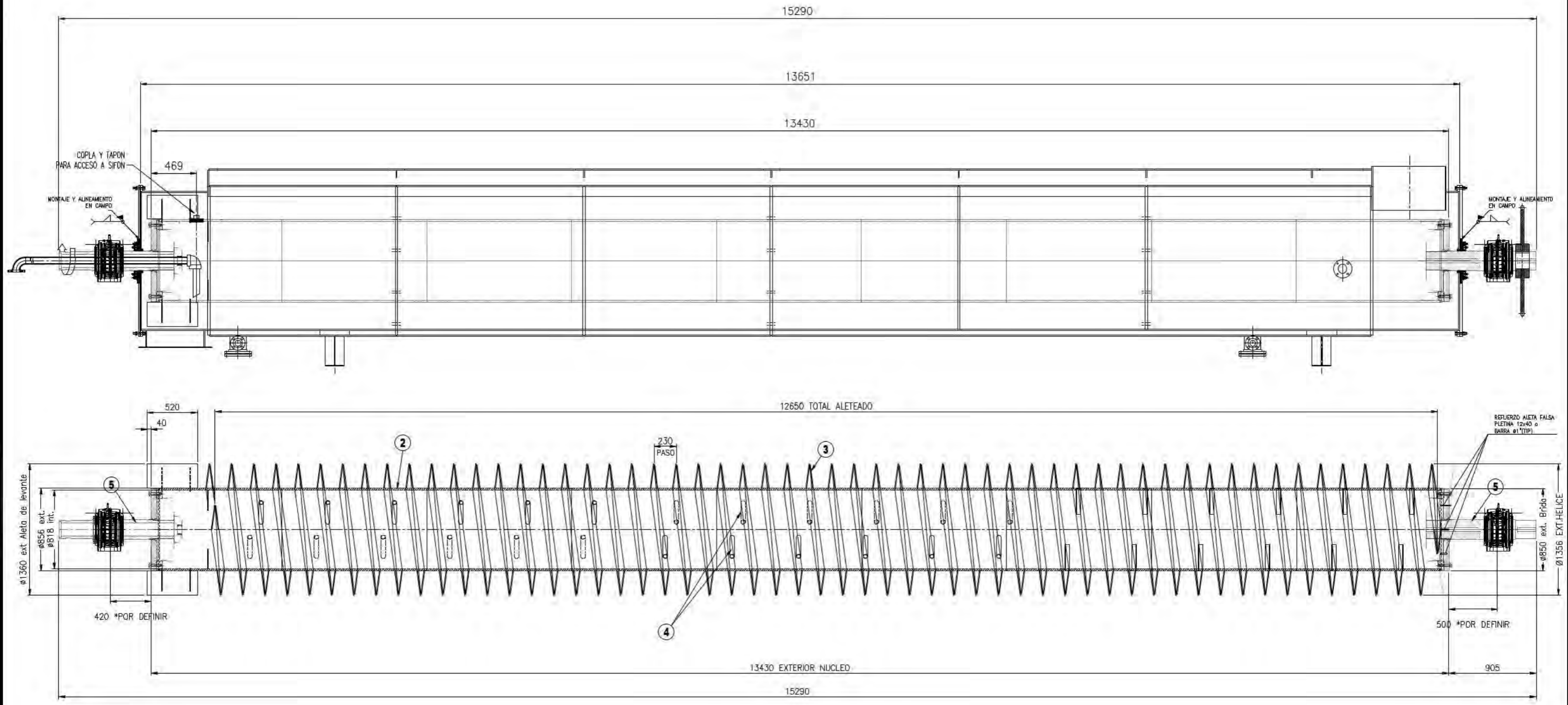
Sociedad Nacional de Pesquería. (2023). *Harina de pescado: Perú lidera su producción mundial*. Recuperado el 08 de Octubre de 2023, de Sociedad Nacional de Pesquería: <https://www.snp.org.pe/industria-pesquera/harina-de->

Planos



Marca	Descripción/Material	Unidad	Cant.	Peso (Kgs.) Unid. Total	Ref.
	CONJUNTO ROTOR COCEDOR C170F		1	6.900	
	MODELO ESPECIAL ENERCOM				
2	NUCLEO (CIE+HERRIA INT)		1	4020	
3	HELICE (LUBRO+SFON+ALETA DE LEVANTE)		1	6155	
4	CANERAS VAPOR Y CONDENSADO		1	45	
5	PUNTA LUIS (LADO MOTOR Y VAPOR)		1	680	

NOTA: PRUEBA HIDRAULICA A 130 PSI (3 HRS. C/LADO)
 COLOCAR COPLA Ø1" NPT 3000 LBS EN LADO
 DE LAETAS DE LEVANTE PARA PURGAR AIRE.



Rev. N°	Fecha	Descripción	Dibujó - Firma	Revisó - Firma	Plano N°
08.07.21		ABROBADO PARA FABRICACIÓN	JED	PCB	CONJUNTO ROTOR

CONFIDENCIAL Propiedad intelectual de ENERCOM S.A. Su reproducción y distribución parcial o total por cualquier medio, sin autorización, está penada por ley.