



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Aplicación de la Metodología DMAIC en el Proceso de
Secado de la Elaboración de Harina de Pescado en una
Empresa Exportadora”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentado por:

Ronny Alejandro Paredes Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios, al Sr Jhonny Garcés y el Ec. Leonardo Paredes por darme la oportunidad de poder continuar mis estudios. A mis compañeros de trabajo que colaboraron en la realización de este trabajo. Y de manera especial a la Phd Denise Rodríguez Zurita por su atención y guía en el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mi esposa Amparo Tapia Sánchez y mis hijas Danna y Taiana Paredes.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ángel Ramírez M., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Denise Rodríguez Z., Ph.D.
Directora de Proyecto

Marcos Tapia Q., M.Sc.
Vocal

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Ronny Alejandro Paredes Sanchez

RESUMEN

El presente proyecto consistió en encontrar mediante el uso de la metodología DMAIC las mejoras que permitan mejorar la operación de secado en el proceso de elaboración de harina.

La empresa en la que se desarrolló el proyecto es una industria que elabora productos de consumo humano indirecto (CHI), que se dedica a la elaboración de harina y aceite de subproductos de atún. Sin embargo, debido a que el proceso de secado no ES estable, la planta procesadora requiere que se realice el análisis de las causas que generan este problema.

El objetivo del proyecto es plantear mejoras para disminuir la variabilidad de la humedad en el proceso de harina de subproductos de atún, en la etapa de secado mediante el uso de la metodología DMAIC.

En la etapa de definir, todas las necesidades de las áreas asociadas a la producción de harina colaboraron en la elaboración de la matriz voz del cliente. La matriz tradujo los diferentes problemas en uno mayor, la alta cantidad de producto no conforme en el parámetro humedad de harina en la etapa de secado. En la etapa de medición, la presentación de la situación actual usando los diagramas de flujo y SIPOC permiten comprender y delimitar el área del problema. Además, para verificar que los datos que se usan en el proyecto sean correctos, se realizó el estudio R&R a los equipos de medición de humedad.

En la etapa de análisis, el uso de la Matriz causa-efecto y el diagrama de Ishikawa evidencio que la falta de capacitación, la cantidad de personal insuficiente en el área, el contenido de humedad de la Materia Prima, la falta de procedimientos, la calibración no realizada, la falta de parámetros de operación y la lectura incorrecta tienen efectos sobre la variación de humedad en la harina. Con estas causas identificadas, se realizó el cronograma del plan de acción que se cumplió en los meses de julio-agosto haciendo cambios en la cantidad de personal por área, realizando capacitaciones, enviando correos electrónicos señalando nuestras observaciones a los proveedores de materia prima, elaborando procedimientos y estableciendo parámetros iniciales de operación.

En el Análisis de Modo y Efecto de Fallas, se describió paso a paso las etapas de prensado y secado. Del cual, aquellas actividades con NPR (número de prioridad de riesgo) mayores a 50, se priorizaron el diagrama impacto esfuerzo, para finalmente con una matriz verificación de causas descartar aquellas que no influyen en mi objetivo. Se determinó que, con un flujo de vapor mayor a 4000 kg/h en la etapa de secado 2 y adicionar concentrado soluble en cantidades menores a 0.3 m³/h tienen

un efecto negativo en la obtención de producto no conforme con humedad menor a 7%.

Es por eso que, dentro del plan de acción se establecieron rangos de operación para las dos causas y se realizó la comparación del antes y después para evidenciar la implementación de la mejora.

La implementación de la mejora se realiza mediante el uso de gráficas de control y las pruebas de campo con los rangos de operación establecidos. Para presentar los resultados obtenidos se realizaron gráficas de cajas para comparar él antes y después de la implementación de las mejoras. Se realizó la prueba de igualdad de varianzas en la que se observa como disminuye la variabilidad de proceso. Para finalizar, un Diagrama de Pareto desde el 21 de agosto al 18 de diciembre, en el que evidencia la disminución del producto no conforme con humedad menor a 7% se redujo un 14% en relación con el problema enfocado.

INDICE GENERAL

RESUMEN	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO 1	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Área de estudio	11
1.1.1. Localización de la fabrica.....	11
1.1.2. Capacidad del proceso y capacidad ociosa	11
1.1.3. Factores condicionantes de la capacidad	12
1.2. Objetivos del trabajo de titulación	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
1.2.3. Justificación del proyecto.....	13
1.3. Estructura del proyecto de titulación.....	15
CAPÍTULO 2	16
2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.....	16
2.1. Definición.....	16
2.2. Medición	24
2.2.1. Proceso actual de elaboración de harina de pescado	24
2.2.2. Diagrama de Pareto.....	32
2.2.3. Problema enfocado.....	32
2.2.4. Estudio R&R a las balanzas termogravimétricas de medición de humedad del proceso de secado de harina de pescado.....	33
2.2.5. Análisis de capacidad	37

2.3.	Análisis	39
2.3.1.	Diagrama de Ishikawa	39
2.3.2.	Matriz causa-efecto.....	39
2.3.3.	Análisis del Modo y Efecto de Fallas	45
2.3.4.	Evaluación de los problemas críticos	47
2.3.5.	Matriz de verificación de causas.....	48
2.4.	Implementar.....	53
2.4.1.	Plan de acción de implementación de mejoras.....	53
CAPÍTULO 3		55
3.	RESULTADOS DEL PROYECTO	55
3.1.	Comparación del antes y después a las mejoras implementadas en el proceso.....	55
3.1.1.	Dosificación de soluble	55
3.1.2.	Flujo de vapor	56
3.1.3.	Humedad de harina.....	56
CAPÍTULO 4		62
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1.	CONCLUSIONES.....	62
4.2.	RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ABREVIATURAS

T	Toneladas
PNC	Producto no conforme
Subp	Subproducto de atún
VA	Valor Agregado
NVA	No Valor Agregado

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
H	Horas
gl	galones
Kg	kilogramos
PSI	lbf/pulg ²
Hz	Hercios
min	Minutos
m ³	Metros cúbicos
T	Toneladas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Toneladas de harina procesadas con humedad Objetivo y Real.....	14
Figura 1.2. Toneladas de harina perdidas semanalmente por contenido de humedad	14
Figura 2.1. Variación de humedad muestra tomada cada 30 minutos	22
Figura 2.2. Gráfica del Benchmark y Objetivo SMART	23
Figura 2.3. Diagrama de flujo de elaboración de harina y aceite de pescado.....	25
Figura 2.4. Diagrama de Pareto.....	32
Figura 2.5. Grafica de probabilidad (Normalidad de datos)	37
Figura 2.6. Capacidad del proceso de secado	38
Figura 2.7. Diagrama de Ishikawa	40
Figura 2.8. Impacto esfuerzo de causas críticas	48
Figura 2.9. Relación entre el flujo de vapor y humedad de harina	49
Figura 2.10. Relación entre la Temperatura de secado y humedad.....	50
Figura 2.11. Relación entre Dosificación de concentrado soluble mayor a 0.6m ³ /30 min y menor a 0.3m ³ /30 min con la humedad	50
Figura 3.1. Gráfica de caja dosificación concentrado soluble (antes y después).....	55
Figura 3.2. Gráfica de caja para flujo de vapor (antes y después)	56
Figura 3.3. Prueba de igualdad de varianzas en año 2020	58
Figura 3.4. Comparación de valores individuales de humedad de harina en el periodo 2020.....	59
Figura 3.5. Comparación de varianzas con la humedad de la harina en el periodo 2020.....	60
Figura 3.6. Diagrama de Pareto – Resultados	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materia prima en Toneladas	11
Tabla 2. Costo Anual de Materia Prima por Planta	12
Tabla 3. SIPOC proceso general	18
Tabla 4. Matriz de la Voz del Cliente	21
Tabla 5. Benchmark y objetivo SMART	23
Tabla 6. Mapa de Proceso de Etapa de Prensado.....	26
Tabla 7. Mapa de Proceso Etapa de Secado 1	30
Tabla 8. Mapa de Proceso Etapa de Secado 2	31
Tabla 9. Datos Diagrama de Pareto.....	32
Tabla 10. Estudio R&R bascula termogravimétrica Shimadzu - Componentes de la varianza.....	33
Tabla 11. Evaluación del sistema de medición.....	34
Tabla 12. Estudio R&R bascula termogravimétrica Boeco 1 – Componentes de la varianza.....	34
Tabla 13. Evaluación del sistema de medición.....	35
Tabla 14. Estudio R&R bascula termogravimétrica Boeco 2 – Componentes de la varianza.....	35
Tabla 15. Evaluación del sistema de medición.....	36
Tabla 16. Valoración de matriz causa efecto.....	39
Tabla 17. Matriz causa-efecto	41
Tabla 18. Plan de acción	42
Tabla 19. Información de registros.....	44
Tabla 20. Rangos de Severidad.....	46
Tabla 21. Rango de Ocurrencia	46
Tabla 22. Criterio de evaluación de Detección	46
Tabla 23. Matriz de verificación de causas	52
Tabla 24. Plan de acción para la implementación de mejoras.....	54
Tabla 25. Prueba de igualdad de varianzas para el año 2020.....	57
Tabla 26. Información de los Diagramas de cajas.....	59
Tabla 27. Diagrama de Pareto - Resultados.....	60

INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolló en una empresa industrial-pesquera que se dedica a la elaboración de harina y aceite de subproductos de atún. Con una trayectoria en el mercado de más de 25 años, la harinera se ha posicionado en el mercado tanto en el mercado nacional como el internacional. Esto se debe a que el proceso usa materia prima recién descartada de enlatadoras de atún, lo que le da un gran valor agregado porque se obtiene harina con una frescura muy competitiva a nivel comercial.

En el proceso de elaboración de harina, la etapa de secado es la que presenta una alta variabilidad en su operación. Desde el año 2008 que se tiene información registrada del proceso de secado y la variación se ha mantenido a lo largo de los años sin encontrar las causas que impiden tener este parámetro en control. Es por eso que, desde diciembre del 2017 se planificaron varios proyectos para llevar los equipos a condiciones óptimas de operación. En este periodo de tiempo se ha realizado el cambio de transportadores, bombas centrífugas, instalado medidores de temperatura, presión y flujo en diversos puntos de la planta para tener datos con los que se pueda medir las condiciones de operación de la planta. Además, en lo referente a análisis de laboratorio la empresa cuenta con instalaciones que permiten realizar el análisis de humedad tanto al producto terminado como en diversas etapas a lo largo del proceso.

Con la información se llegó a la conclusión que la operación en la etapa de secado tiene un producto terminado con más del 65% de datos fuera de especificación. Por tanto, el proceso no se encuentra controlado y genera reprocesos que incluyen: pérdida de rendimiento de producto terminado, combustible, horas hombre, consumo eléctrico, uso de instalaciones y es un riesgo para la inocuidad del producto porque en este paso, puede contaminarse con cualquier agente microbiológico o físico.

Este documento describe en detalle los 5 pasos de la Metodología DMAIC: definir, medir, analizar, implementar y controlar la causa o las causas raíces de la inestabilidad del proceso y, además, proponer e implementar soluciones que permitan minimizar la variación de tal manera que se pueda mantener el control a largo plazo.

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Área de estudio

1.1.1. Localización de la fábrica

La fábrica que elabora harina de pescado se encuentra ubicada en el Km 12.8 vía Daule, en las calles 24ª N-O y 7mo pasaje N-O. Al norte colinda con una empresa que elabora conservas de atún para exportación y es el proveedor principal de materia prima para el proceso.

El área donde están ubicados los equipos es de 1600 m², en un galpón techado.

1.1.2. Capacidad del proceso y capacidad ociosa

La planta exportadora de harina de pescado tiene una capacidad de producción de 60 sacos/hora y la capacidad instalada es de 100 sacos/hora.

La capacidad utilizada de la fábrica es del 60% por la materia prima (subproducto de atún) disponible en el mercado, la ubicación de los proveedores y los días de retiro asignados.

La tabla 1 muestra la cantidad de materia prima que generan las conserveras y que la planta exportadora usa como materia prima para la elaboración de harina y aceite de pescado.

Tabla 1. *Materia prima en Toneladas*

Proveedor	Ubicación	Cantidad de Materia Prima (subproducto de atún)	Días asignados
Conservera 1	Km12.5 vía Daule (junto a fábrica de harina de pescado)	1000 a 1100 T/mes	Todo el subproducto mensual
Conservera 2	Posorja	420 T/mes	7 días/mes
Conservera 3	Manta	270 T/mes	12 días/mes

Elaborado por: Departamento de Producción-Recepción de Materia Prima

1.1.3. Factores condicionantes de la capacidad

Disponibilidad de Materia prima (subproducto de atún)

El subproducto de atún es un recurso de alto valor comercial para la empresa harinera porque es escaso en el mercado y tiene alta rentabilidad al transformarlo en producto terminado. Por esta razón, las empresas de conservas negocian con varios clientes el subproducto de atún y asignan mediante cronogramas trimestrales los días o fechas de retiro.

Capacidad financiera.

La empresa harinera gestiona la implementación de proyectos y gastos generales con recursos propios. Por tanto, las inversiones son específicas y enfocadas a la adquisición de bienes a mediano plazo (5 años).

Costo de insumos.

El costo más representativo es la compra de materia prima porque en su conversión en harina y aceite de pescado, se elimina el 64% de su peso por los procesos de secado y evaporado. La tabla 2 muestra el costo por tonelada de materia prima. La materia prima de la conservera 1 tiene costo anual de \$3.276.000,00, la materia prima que proviene de la conservera 2 tiene un costo anual de \$1.512.000,00 y en la conservera 3, el costo de la materia prima anual es de \$1.069.200,00.

Tabla 2. Costo Anual de Materia Prima por Planta

Proveedor	Costo USD/T	Cantidad de Materia Prima (subproducto de atún)	Costo anual
Conservera 1	260,00	1000 a 1100 T/mes	\$3.276.000,00
Conservera 2	300,00	420 T/mes	\$1.512.000,00
Conservera 3	330,00	270 T/mes	\$1.069.200,00
Total			\$5.876.200,00

Elaborado por: Departamento de Producción-Recepción de Materia Prima

Por los altos costos de la materia prima y su baja conversión en producto terminado, es prioritario que el proceso esté dentro de los parámetros adecuados que brinden un eficiente uso de todos los recursos.

1.2. Objetivos del trabajo de titulación

1.2.1. Objetivo general

Reducir la variabilidad del proceso de secado en la fabricación de harina de pescado para disminuir el producto no conforme usando la metodología DMAIC.

1.2.2. Objetivos específicos

- Recolectar los datos que me permitan localizar el o los diversos motivos de la variación del proceso de secado.
- Identificar la o las causas potenciales identificadas en el área de secado.
- Desarrollar, probar e implementar soluciones que ataquen las causas potenciales.
- Mantener los logros mediante la elaboración de procedimientos estandarizados, registros y gráficos de control.

1.2.3. Justificación del proyecto

La oportunidad de mejora se encuentra en disminuir la cantidad de producto no conforme en el parámetro humedad, en la etapa de SECADO. Actualmente, el 65% de los datos existentes se reportan fuera de rango. Es por eso que, se requiere disminuir el producto no conforme del proceso de secado por debajo del 25%.

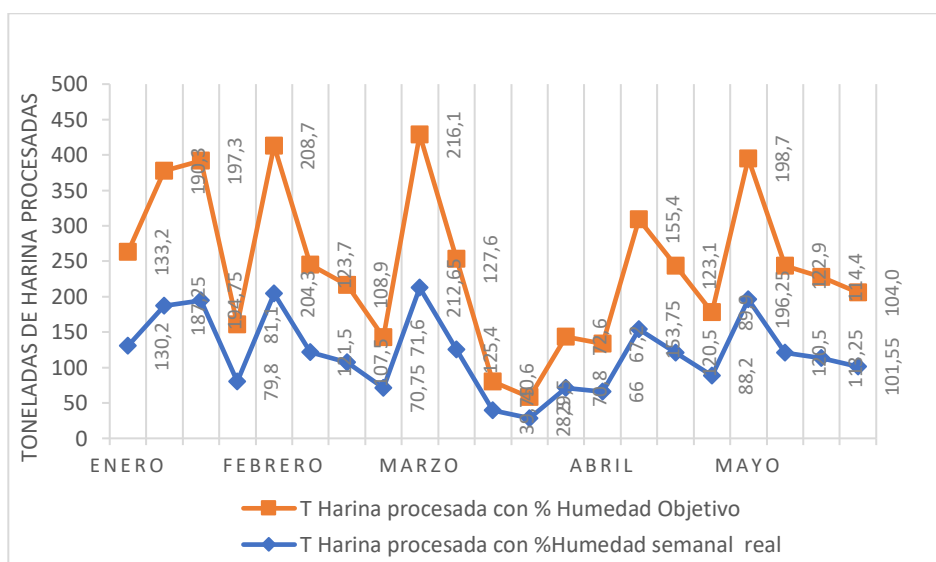
El contenido de humedad en harina de pescado es importante por:

En calidad, mantener la humedad dentro de los límites de especificación disminuye el riesgo de proliferación de los microorganismos presentes en la harina.

Por rentabilidad, al existir humedades por debajo del límite de control el rendimiento disminuye, es decir que, cuando en una tonelada de harina la humedad es menor a 8.5% incrementa la cantidad de sólido seco que completa el mismo peso.

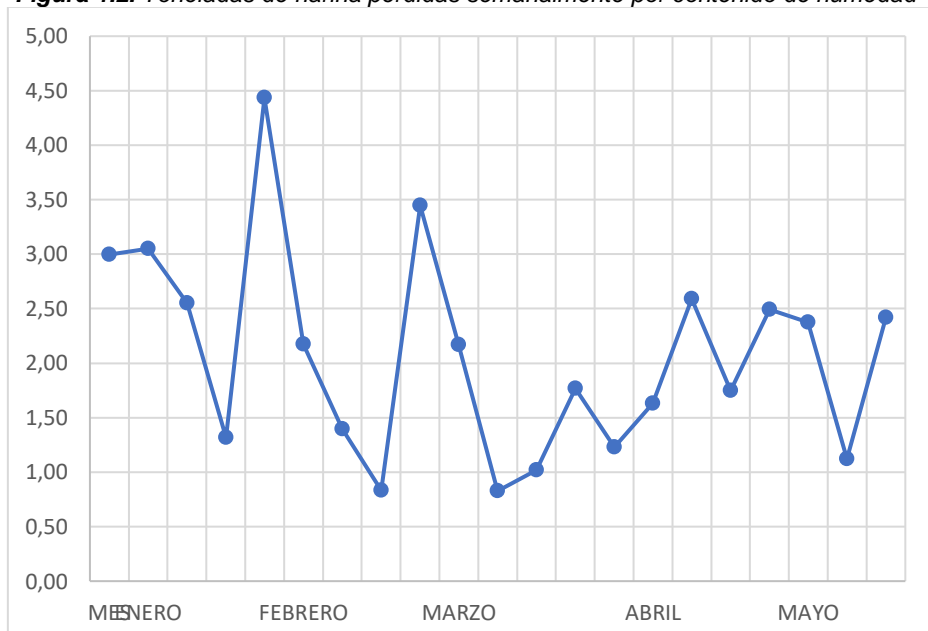
La figura 1.1 realiza la comparación de las toneladas de harina que se obtuvieron en el periodo de enero a mayo del 2020 (Real), con las toneladas de harina que podrían haber obtenido si la humedad se encontrara en el valor objetivo.

Figura 1.1. Toneladas de harina procesadas con humedad Objetivo y Real



Fuente: Registro de Producción semanal, 2020

Figura 1.2. Toneladas de harina perdidas semanalmente por contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1.2, cada semana la empresa harinera deja de vender un promedio de 2 toneladas de producto terminado. De este modo en el periodo de enero a mayo del 2020 se dejaron de vender en 21 semanas el equivalente a 42 toneladas de harina que al precio de 1160 USD (precio sin margen de utilidad) representa un valor de 48720 USD.

1.3. Estructura del proyecto de titulación

El proyecto usa la herramienta DMAIC, que es una estrategia de cinco fases y conduce a las soluciones de problemas con causas desconocidas. Por tanto, conocer las 5 fases ayuda a implementar esta Metodología.

- Definir: El proyecto tiene su problema definido y es socializado al equipo de trabajo.
- Medir: En esta etapa se obtienen los datos de la operación actual del proceso.
- Analizar: En esta etapa se usa cualquiera de las siguientes herramientas: Diagrama causa-efecto, análisis de varianza, correlación y regresión.
- Mejorar: En esta etapa se realizan pruebas piloto o técnicas analíticas.
- Controlar: Con el uso de Gráficos de control, capacidad de proceso o planes de control.

Además, el alcance del proyecto se establece con el uso de la herramienta SIPOC, que permite tener una visión general del proceso de elaboración de harina de pescado.

CAPÍTULO 2

2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC

El proceso de mejora continua se enfoca en encontrar oportunidades de mejora en los productos o los servicios de una empresa y lo hace tanto en clientes externos como clientes internos. Es por eso que, se necesitan herramientas que permitan observar detalladamente el proceso, generen preguntas, descubran lugares dentro del proceso que requieran una atención especial o saquen a relucir actividades que no consideramos importantes.

DMAIC es el proceso de mejora que usa la Metodología Seis Sigma y es una herramienta ordenada que tiene 5 etapas (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar). Desde la definición, cada etapa orienta al usuario hacia la búsqueda de la mejora del proceso.

2.1. Definición

Es la etapa inicial de la Metodología, en donde se recogen todos los problemas dentro de la empresa y se los identifica como posibles proyectos. Anthony O'Brian (2019) indica que, "Definir significa obtener respuestas a algunas de las preguntas, como definir: ¿Quiénes son los clientes? ¿Cuáles son sus necesidades según el producto o servicio?, ¿Cuál es el punto de inicio del proceso del problema? ¿Cuál es el punto final del problema? ¿Cuándo se considerará resuelto el problema? ¿En qué dirección y flujo fluirá el proceso? Comprender la voz del cliente es importante. Una vez que comprende la necesidad del cliente, el equipo puede pasar al siguiente paso del DMAIC para su posterior procesamiento".

Los soportes que responden estas preguntas son:

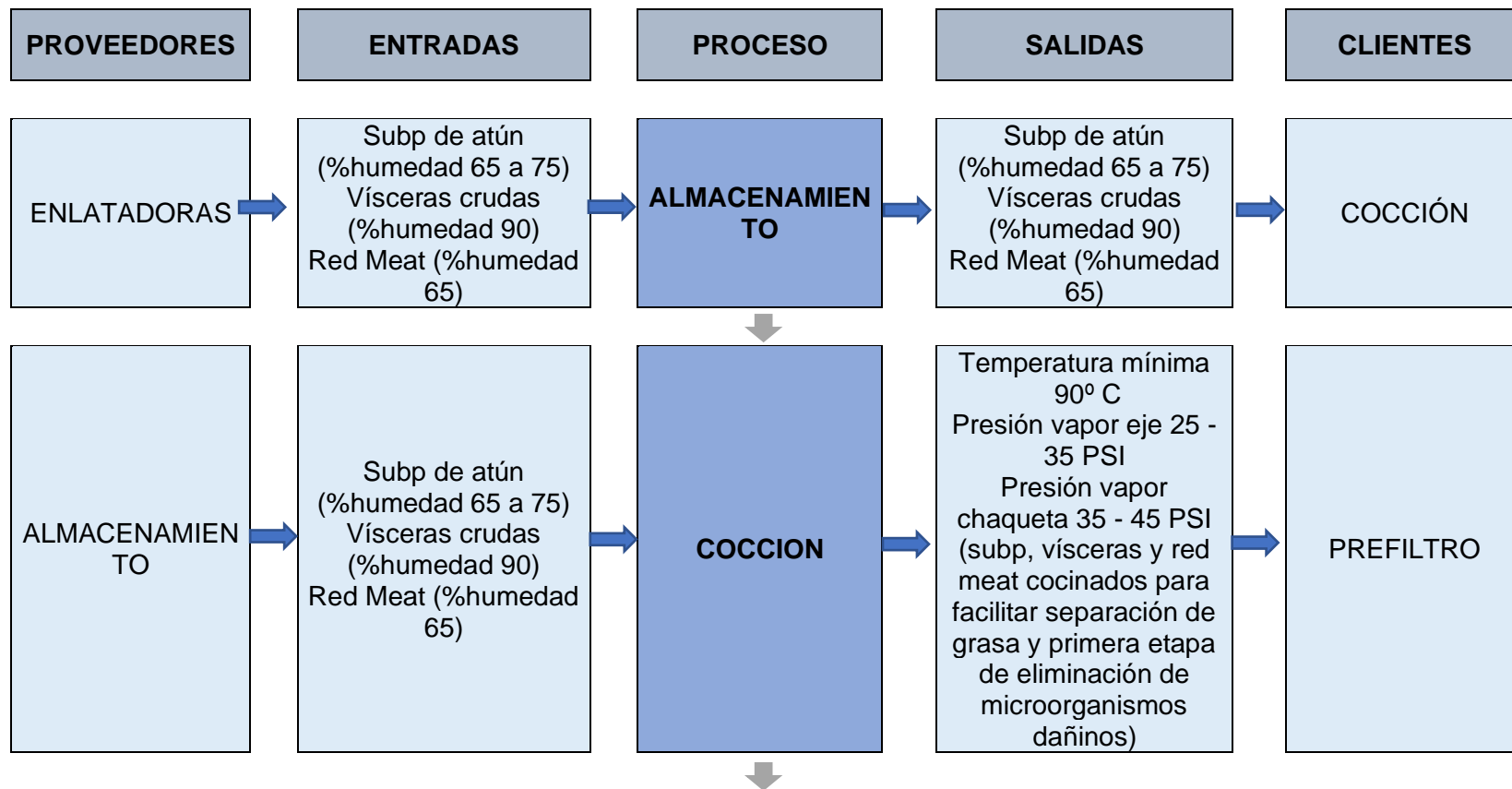
- Mapa de Proceso SIPOC
- Matriz voz del cliente

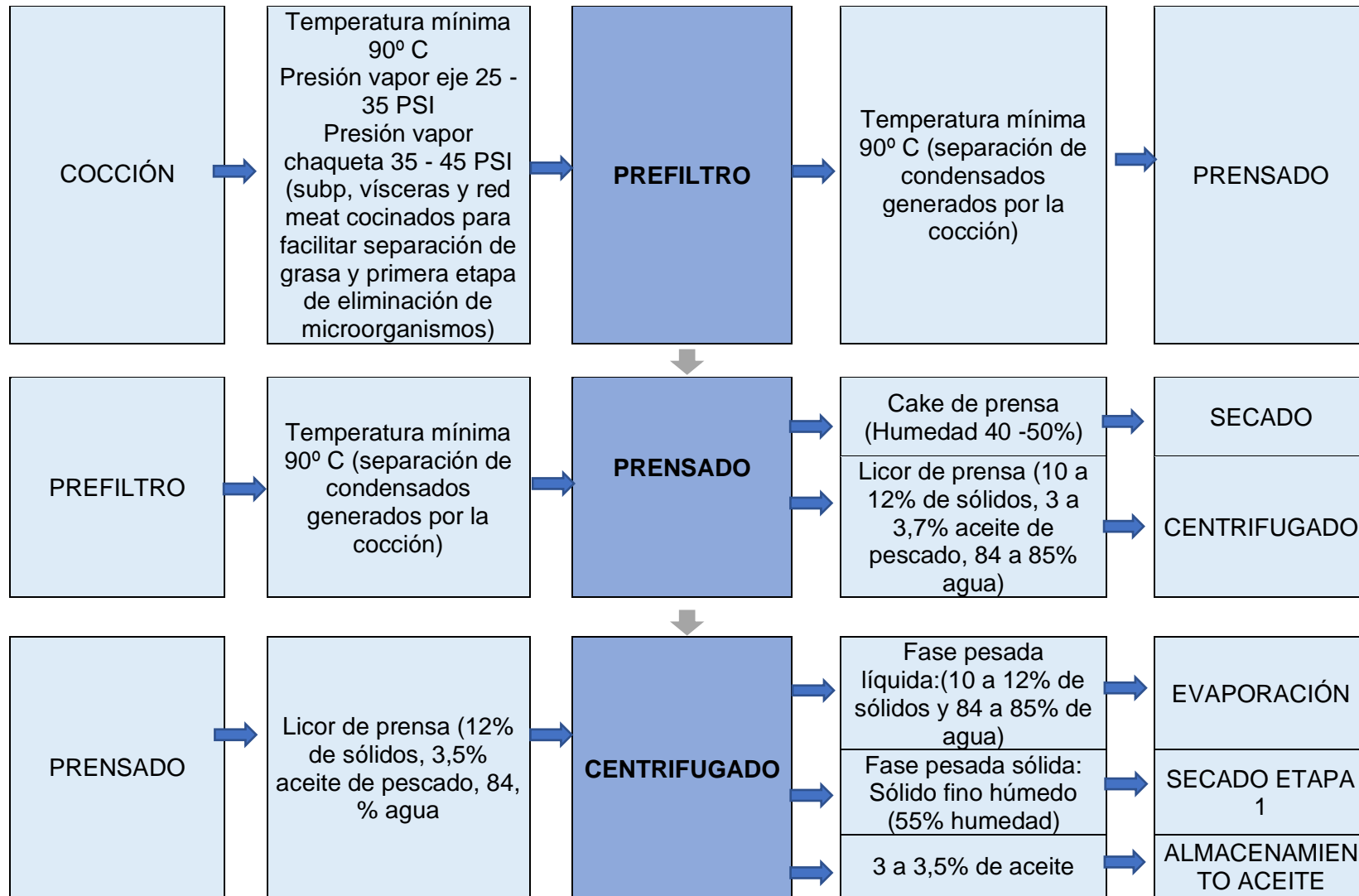
El Mapa de proceso SIPOC permite visualizar las condiciones operacionales que utilizan en el proceso de producción. Además, ilustra la relación entre el proveedor y el cliente dentro del proceso; también, muestra las entradas y salidas de ambos dentro del sistema productivo. Con estas consideraciones analizaron cada una de las etapas de la línea de harina de pescado.

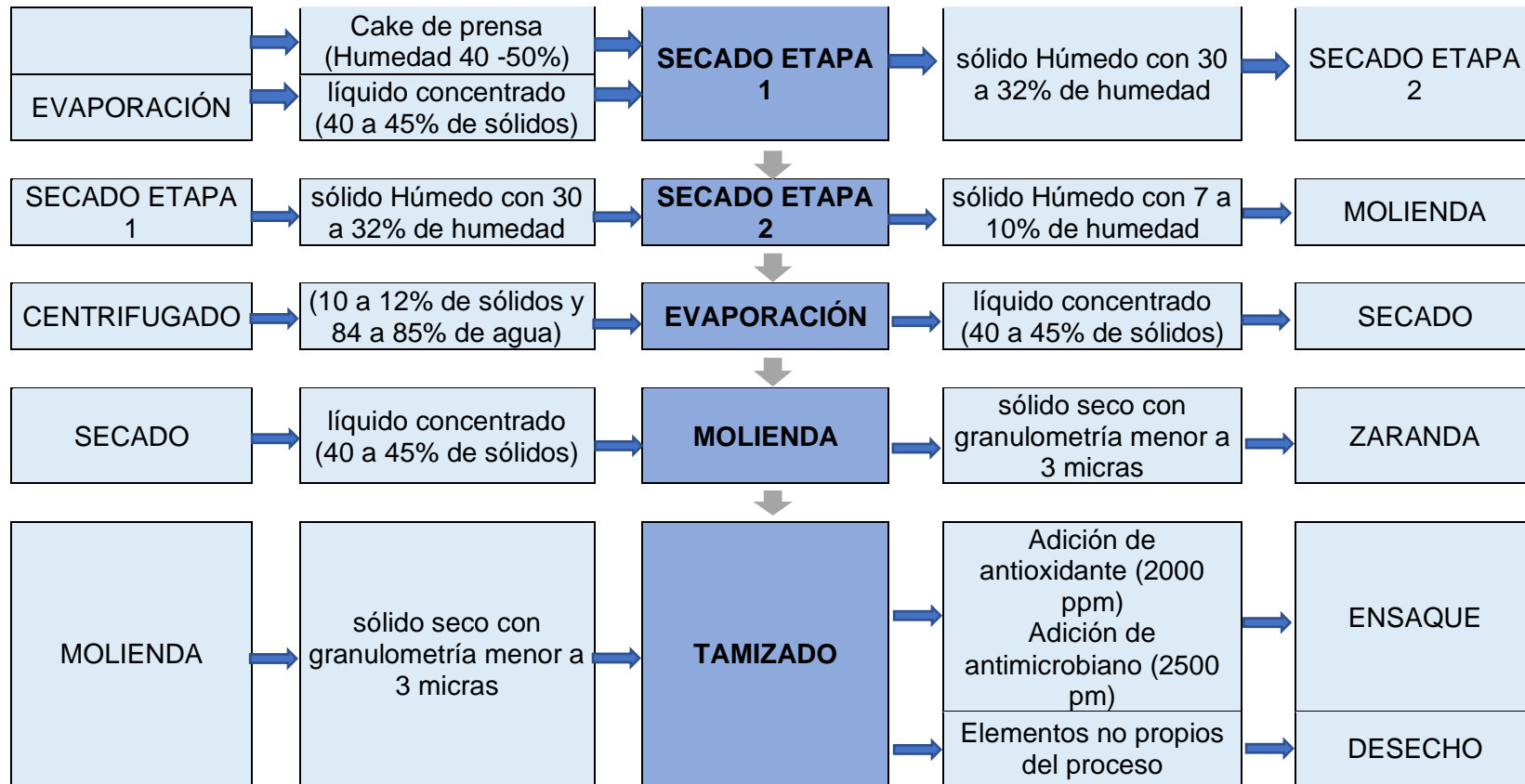
Con la información que proporciona el SIPOC especifican el problema desde el punto de vista del cliente. Es por eso que, en diversas reuniones el Gerente

General, Jefe de Aseguramiento de Calidad y el Jefe Mantenimiento evidenciaron los problemas conocidos relacionados con la operación de secado en el proceso de elaboración de harina de pescado y elaboraron la Matriz de la voz del cliente.

Tabla 3. SIPOC proceso general







Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Matriz de la Voz del Cliente

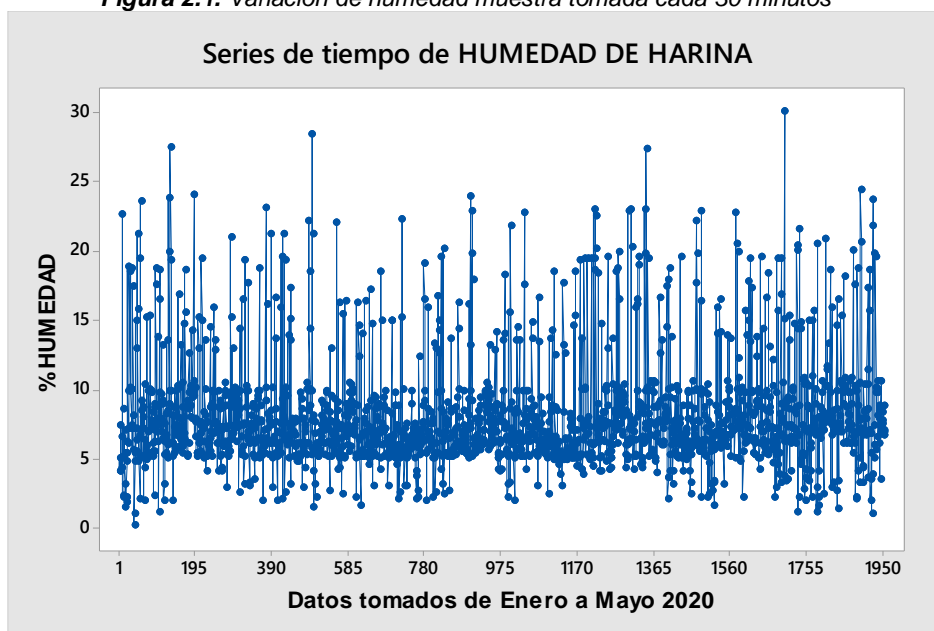
VOZ DEL CLIENTE	Problema clave/Característica de calidad	CTQ s Necesidades	Medición /Indicador	Meta	Límites de especificación
El costo de generar vapores alto	El consumo de bunker está por encima del estándar	Mejorar la eficiencia del proceso en gl/saco	Consumo de bunker	2,4 gl/saco	≤2,4 gl/saco
Horas hombre/ Máquina elevadas	Alta cantidad de reprocesos	Disminuir la variación del proceso de secado	Horas extras	N/D	5000 USD
Parámetros de calidad no conformes	Elevada ceniza (baja humedad) / Presencia de microorganismos (alta humedad)	Disminuir la variación del proceso de secado	Análisis de laboratorio	Ceniza Max 23% Microorganismos (ausencia)	Ceniza Max 23% Microorganismos (ausencia)
Humedad de harina fuera de límites de especificación	Alta cantidad de reprocesos	Disminuir la variación del proceso de secado	% de humedad	8,5%	7 a 10%
	Bajo rendimiento de harina	Aumentar la recuperación de harina	T Producto terminado/ Ton Materia Prima	31,50%	≥30%

Fuente: Elaboración propia.

Declaración del problema

En la figura 2.1 se evidencia que se tiene 64.32% de producto terminado fuera de especificación en el parámetro porcentaje de humedad de harina en la etapa de SECADO. Desde el año 2008 la humedad que se obtiene en el producto terminado se encuentra entre el 3 y el 25%, siendo el rango permitido entre el 7 y 10% de humedad.

Figura 2.1. Variación de humedad muestra tomada cada 30 minutos



Fuente: Datos de humedad de proceso de secado, 2020

Objetivo SMART

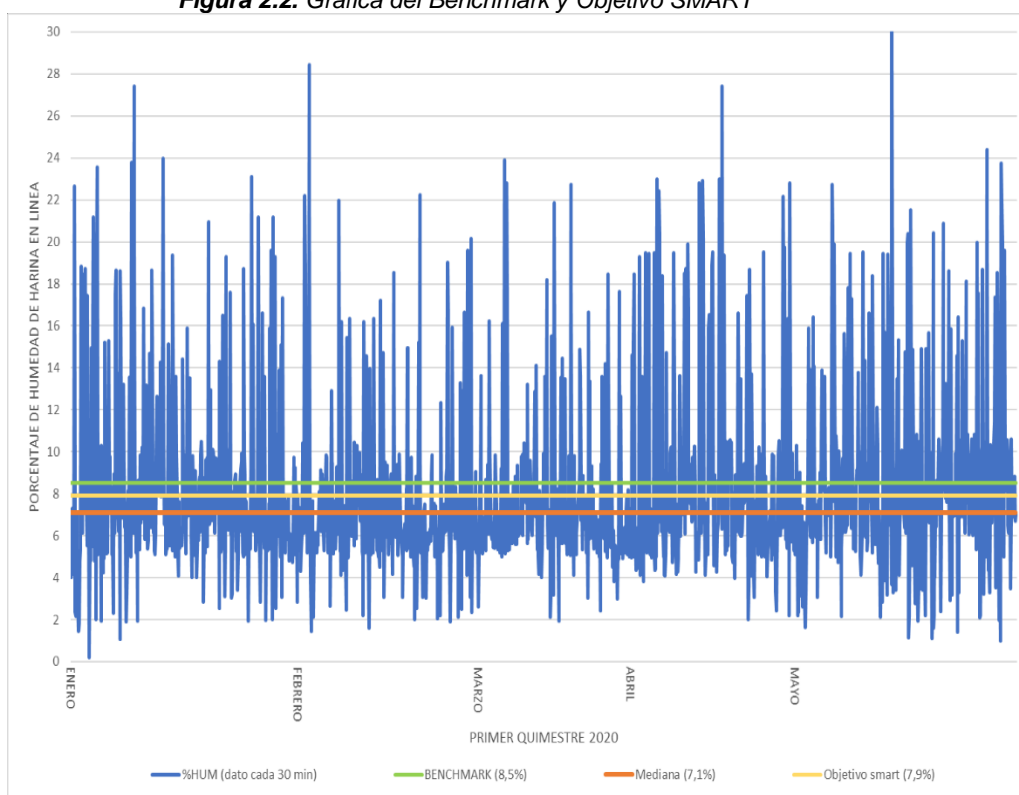
Para establecer el objetivo Smart tomaron los datos de humedad del proceso de secado del primer quimestre del 2020. De los cuales se eligió como medida de tendencia central la Moda porque, en los muestreos de producto terminado en bodega, este valor se asemeja a los resultados obtenidos. El benchmark lo establece la Gerencia General que solicita se establezca la humedad de harina en 8.5%.

Tabla 5. Benchmark y objetivo SMART

Medidas de tendencia central	Humedad
Media	8,1
Moda	6,1
Mediana	7,1
Referencia	Valor de referencia
BENCHMARK	8,5
GAP	2,4
Aumento de la humedad en 75% de la brecha	7,9
Aumento de la humedad en 50% de la brecha	7,3
Aumento de la humedad en 25% de la brecha	6,7

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, el objetivo SMART es incrementar el valor central de la variable porcentaje de humedad (Mediana) de 7,1% a 7,9% para disminuir la cantidad de producto no conforme desde septiembre hasta finales de noviembre del 2020.

Figura 2.2. Gráfica del Benchmark y Objetivo SMART

Fuente: Datos de humedad de humedad de proceso de secado. 2020

2.2. Medición

Con el problema definido, se debe establecer las condiciones del proceso actual, de tal manera que, se pueda identificar cuáles son las variables clave y que parámetros son los que afectan el proceso. Con esta información se puede medir la capacidad del proceso y es necesario establecer cuáles son las fuentes que brindaran los datos del desempeño actual del sistema.

En esta etapa se establece el proceso, los pasos que componen el proceso, las variables que pueden afectar el proceso, que equipos nos brindan la información, que exactitud y precisión tiene nuestro sistema de medición y cómo funciona el proceso en la actualidad.

Anthony O'Brian (2019) indica que: "Medir significa recopilar datos de: Múltiples fuentes para conocer el defecto y los tipos de indicadores."

Las herramientas que se usan en la etapa de medición son:

- Diagrama de flujo
- Diagrama causa-efecto
- Estudio R&R a los sistemas de medición
- AMEF
- Gráficas de control

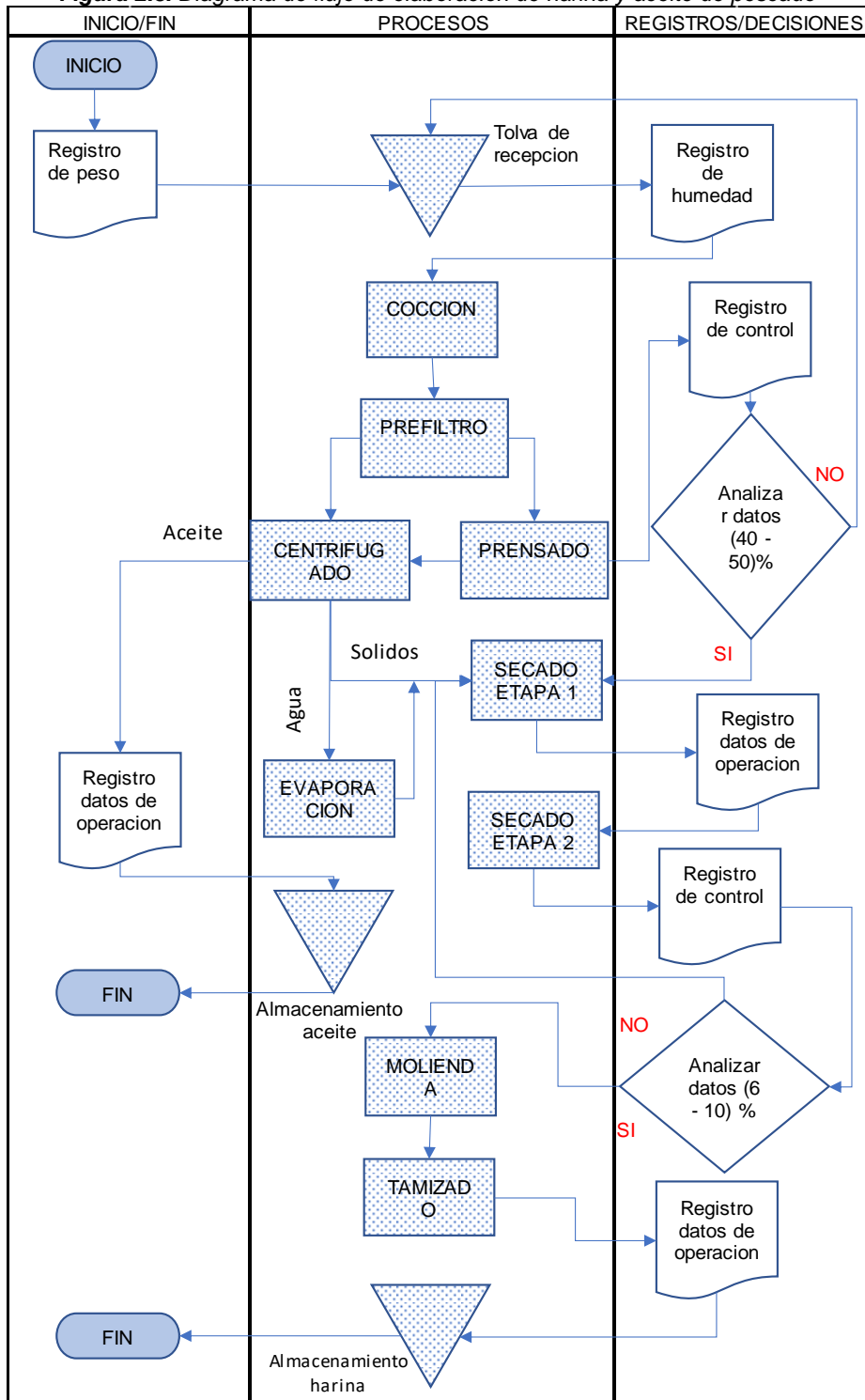
La etapa de medición busca conocer todas las variables que intervienen en el proceso de secado de harina de pescado. Para ello, la empresa cuenta con registros de operación diarios los mismos que establecerán la situación actual del proyecto, la información está disponible desde el año 2018. Este histórico de datos proporciona datos del proceso como son: temperaturas, presiones, flujos, velocidades y humedades del proceso.

2.2.1. Proceso actual de elaboración de harina de pescado

Definido el problema a resolver y las relaciones entre proveedores y clientes de cada una de las etapas del proceso, el flujo de proceso y de información de las actividades relacionadas con la operación de secado de harina de pescado. De esta manera identifican los puntos del proceso que generan información y las decisiones que resultan de los datos obtenidos.

El Diagrama de flujo evidencia la existencia de fábricas ocultas en cualquier etapa del proceso y delimita el objeto del proyecto. La figura 2.3 muestra el diagrama de flujo de elaboración de harina y aceite de pescado.

Figura 2.3. Diagrama de flujo de elaboración de harina y aceite de pescado



Fuente: Proceso de planta exportadora, 2020. Elaboración propia.

El proyecto comprende la operación de secado en las etapas 1 y 2, además, la carga a los mismos que proviene de las operaciones de prensado y evaporado.

Tabla 6. Mapa de Proceso de Etapa de Prensado

MAPA DE PROCESO DETALLADO DE PRENSADO							
Pasos del proceso	VA/NVA	DOC	Entradas y Salidas	E/S	Especificaciones	C/N	Equipo/Operador
Puesta en marcha	NVA		Ajuste mecánico	Salida	6	CONTROL	Operador
			Colocación y ajuste de tapas laterales	Entrada	Sin fuga de liquido	NO CONTROL	Operador
			Revisión de Motor y reductor de velocidad	Entrada	Sin fuga de aceite ni vibración	NO CONTROL	Operador
			Encendido equipo	Entrada		NO CONTROL	Operador
Alimentación MP Cocinada	NVA		Encendido de transportador helicoidal de alimentación	Entrada		NO CONTROL	Operador
			MP prensada desde COCINA	Entrada	65-75 % de humedad	NO CONTROL	Operador
			MP prensada desde TANQUES	Entrada	40 - 45% de humedad	NO CONTROL	Montacargas
			PT fuera de especificación en TANQUES	Entrada	≥10% de humedad	NO CONTROL	Montacargas

			PT fuera de especificación en TANQUES	Entrada	≤6% de humedad	NO CONTROL	Montacargas
Prensado	VA	RE:PR:003	Temperatura de cocción	Entrada	≥90°C	CONTROL	Cocinador
			Abrir válvula de líquido separado	Salida		CONTROL	Operador
Descarga de PT de la prensa	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Salida		NO CONTROL	Operador
			Tomar muestra de harina	Salida	5 gramos	NO CONTROL	Operador
		RE:PR:003	Regular entrada de líquido concentrado	Entrada	40 - 45% de solidos	CONTROL	Operador
		RE:PR:003	MP prensada	Salida	40 - 45% de humedad	CONTROL	Operador
			PT fuera de especificación en TANQUES	Salida	≥55% de humedad	CONTROL	Montacargas

Fuente: Elaboración propia

Pasos del proceso	VA/NVA	DOC	Entradas y Salidas	E/S	Especificaciones	C/N	Equipo/Operador
Puesta en marcha	NVA		Ajuste mecánico	Salida	6	CONTROL	Operador
			Colocación y ajuste de tapas laterales	Entrada	Sin fuga de líquido	NO CONTROL	Operador
			Revisión de Motor y reductor de velocidad	Entrada	Sin fuga de aceite ni vibración	NO CONTROL	Operador
			Encendido equipo	Entrada		NO CONTROL	Operador
Alimentación MP Cocinada	NVA		Encendido de transportador helicoidal de alimentación	Entrada		NO CONTROL	Operador
			MP prensada desde COCINA	Entrada	65-75 % de humedad	NO CONTROL	Operador
			MP prensada desde TANQUES	Entrada	40 - 45% de humedad	NO CONTROL	Montacargas
			PT fuera de especificación TANQUES	Entrada	≥10% de humedad	NO CONTROL	Montacargas
			PT fuera de especificación TANQUES	Entrada	≤6% de humedad	NO CONTROL	Montacargas

Pasos del proceso	VA/NVA	DOC	Entradas y Salidas	E/S	Especificaciones	C/N	Equipo/Operador
Prensado	VA	RE:PR:003	Temperatura de cocción	Entrada	≥90°C	CONTROL	Cocinador
			Abrir válvula de líquido separado	Salida		CONTROL	Operador
Descarga de PT de la prensa	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Salida		NO CONTROL	Operador
			Tomar muestra de harina	Salida	5 gramos	NO CONTROL	Operador
		RE:PR:003	Regular entrada de líquido concentrado	Entrada	40 - 45% de sólidos	CONTROL	Operador
		RE:PR:003	MP prensada	Salida	40 - 45% de humedad	CONTROL	Operador
			PT fuera de especificación en TANQUES	Salida	≥55% de humedad	CONTROL	Montacargas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Mapa de Proceso Etapa de Secado 1

Pasos del proceso	VA/NVA	DOC	Entradas y Salidas	E/S	Especificación	C/N	Equipo/Operador
Puesta en marcha	NVA		Encendido equipo	Entrada		NO CONTROL	Operador
			Eliminación condensado del vapor	Entrada	0 presencia de condensado	NO CONTROL	Operador
			Apertura válvula de admisión de vapor	Entrada	3 - 4 bares	NO CONTROL	Operador
Alimentación prensada	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Entrada		NO CONTROL	Operador
Procesar en secador	VA	RE:PR:012	Temperatura secado (vahos)	Entrada	≥70°C	CONTROL	Secador
		RE:PR:012	Presión de vapor eje/chaqueta	Entrada	≥7 bares	CONTROL	Secador
		RE:PR:012	Humedad producto seco	Salida	7 - 10% de humedad	CONTROL	Operador
		RE:PR:012	Temperatura producto seco	Salida	≥60°C	NO CONTROL	Operador
		RE:PR:012	Apertura de compuerta de descarga	Salida	50 a 100% de apertura	control	Operador
			Revisar purgas de vapor	Salida	0 presencia de condensado	NO CONTROL	Operador
Descarga de PT del secador	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Salida		NO CONTROL	Operador
			Tomar muestra de harina	Salida	5 gramos	NO CONTROL	Operador
		RE:PR:012	PT Conforme	Salida	30 - 40% de humedad	CONTROL	Operador
			PT fuera de especificación en TANQUES	Salida	≥41% de humedad	NO CONTROL	Montacargas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Mapa de Proceso Etapa de Secado 2

Pasos del proceso	VA/NVA	DOC	Entradas y Salidas	E/S	Especificaciones	C/N	Equipo/Operador
Puesta en marcha	NVA		Encendido equipo	Entrada		NO CONTROL	Operador
			Eliminación condensada del vapor	Entrada	0 presencia de condensado	NO CONTROL	Operador
			Apertura válvula de admisión de vapor	Entrada	3 - 4 bares	NO CONTROL	Operador
			Temperatura secado (vahos)	Salida	50°C	NO CONTROL	Operador
Alimentación MP SECADO 2	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Entrada		NO CONTROL	Operador
		RE:PR:012	MP prensada desde SECADO 1	Entrada	30 - 35% de humedad	CONTROL	Operador
Procesar en secador	VA	RE:PR:007	Temperatura secado (vahos)	Entrada	≥70°C	CONTROL	Secador
		RE:PR:007	Flujo de vapor	Entrada	≥3 bares	CONTROL	Secador
		RE:PR:007	Humedad producto seco	Salida	7 - 10% de humedad	CONTROL	Operador
		RE:PR:007	Temperatura producto seco	Salida	≥60°C	NO CONTROL	Operador
			Revisar purgas de vapor	Salida	0 presencia de condensado	NO CONTROL	Operador
Descarga de PT del secador	NVA		Encendido/Ajuste de transportadores	Salida		NO CONTROL	Operador
			Tomar muestra de harina	Salida	5 gramos	NO CONTROL	Operador
		RE:PR:007	PT Conforme	Salida	7 - 10% de humedad	CONTROL	Operador
			PT fuera de especificación en TANQUES	Salida	≥10% de humedad	NO CONTROL	Montacargas
			PT fuera de especificación en TANQUES	Salida	≤7% de humedad	NO CONTROL	Montacargas

2. Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Diagrama de Pareto

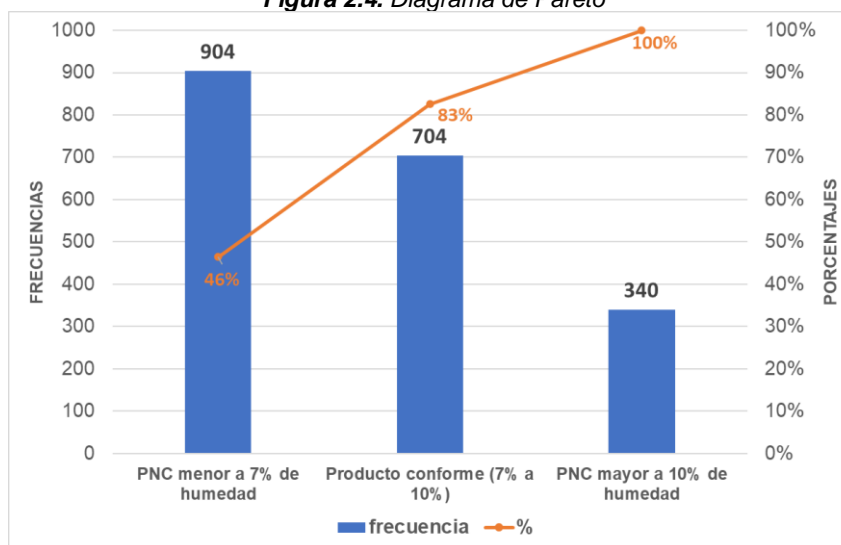
Para focalizar el problema de forma correcta, se toma información de diferentes puntos de vista de tal manera que, se dividan los datos en grupos. La tabla 9 muestra la información con la que se elabora el Diagrama de Pareto.

Tabla 9. Datos Diagrama de Pareto

Observaciones clave	Frecuencia	Consideraciones (6 de enero a 10 de junio 2020)
PNC menor a 7% de humedad	904	Datos con humedad menor a 7%
PNC mayor a 10% de humedad	340	Datos con humedad mayor a 10%
Producto conforme	704	Datos de humedad dentro de especificación

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4. Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia. (Problema enfocado)

2.2.3. Problema enfocado

El proceso registra el 46% de producto terminado fuera de especificación en el parámetro porcentaje de humedad de harina menor a 7% en la etapa de secado. Desde el año 2008 la humedad que se obtiene en el producto terminado se encuentra entre el 3 y el 18%, siendo el rango permitido entre el 7 y 10% de humedad.

2.2.4. Estudio R&R a las balanzas termogravimétricas de medición de humedad del proceso de secado de harina de pescado

El estudio al sistema de medición se realiza antes de la recolección de datos para comprobar que la información que se genera es válida al propósito del proyecto.

Debido a que el análisis de humedad es un ensayo destructivo, el estudio hace uso del R&R anidado con los dos monitoristas del departamento de control de calidad para realizar esta actividad.

Las dos muestras seleccionadas corresponden a harina de lotes M250620 y M260620. Cada muestra es homogenizada y analizada en un laboratorio certificado en el parámetro humedad.

En planta se planifica realizar el estudio el 29 de junio con los 2 monitoristas y 3 básculas termogravimétricas para la medición de humedad del producto terminado.

En Minitab, la hoja de trabajo para la toma de datos es creada con: Número de partes: 2; Número de operadores: 2; Número de réplicas: 3 para cada una de las tres balanzas termogravimétricas (Shimadzu, Boeco1 y Boeco2). Los resultados de humedad de las muestras de referencia para realizar el R&R anidado son los reportados por Laboratorio de la Empresa (IT:CC:002) (Ver Anexo 1)

Tabla 10. Estudio R&R báscula termogravimétrica Shimadzu - Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,0089083	92,93
Repetibilidad	0,0089083	92,93
Reproducibilidad	0,0000000	0,00
Parte a parte	0,0006778	7,07
Variación total	0,0095861	100,00

Fuente: Datos de humedad obtenidos. Anexo 1.

Los resultados de la tabla 10 evidencian que la báscula termogravimétrica Shimadzu, tiene un R&Rtotal del 92.93% lo que demuestra que los operadores aportan variación al proceso de medición y es mucho mayor a la fuente parte a parte. Por tanto, el proceso de medición no tiene la capacidad de diferencias entre las partes.

Tabla 11. Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	0,0943840	0,566304	96,40	28,32
Repetibilidad	0,0943840	0,566304	96,40	28,32
Reproducibilidad	0,0000000	0,0000000	0,00	0,00
Parte a parte	0,0260342	0,156205	26,59	7,81
Variación total	0,0979087	0,587452	100,00	29,37

Fuente: Resultados del sistema de medición, báscula termogravimétrica Shimadzu

En la evaluación del sistema de medición, el R&R total es del 96,40% e indica que la variación al proceso de medición la genera el operador. En tanto que, la contribución del parte a parte indica que el proceso de medición no es capaz de diferenciar entre partes, ya que tiene un 26.59% de contribución. La reproducibilidad en el estudio presenta 0% de contribución, es decir, la báscula no aporta variación al proceso de medición.

Por tanto, se necesita capacitar a los operadores que realizan el análisis de humedad.

Tabla 12. Estudio R&R báscula termogravimétrica Boeco 1 – Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	5,80840	87,28
Repetibilidad	5,60891	84,28
Reproducibilidad	0,19949	3,00
Parte a parte	0,84661	12,72
Variación total	6,65501	100,00

Fuente: Datos de humedad obtenidos. Anexo 1.

Los resultados de la tabla 2.9 evidencian que la báscula termogravimétrica Shimadzu, tiene un R&Rtotal del 87.28% lo que demuestra que los operadores aportan variación al proceso de medición y es mucho mayor a la fuente parte a parte. Por tanto, el proceso de medición no tiene la capacidad de diferencias entre las partes

Tabla 13. Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	2,41006	14,4604	93,42	723,02
Repetibilidad	2,36831	14,2099	91,80	710,49
Reproducibilidad	0,44664	2,6799	17,31	133,99
Parte a parte	0,92011	5,5207	35,67	276,03
Variación total	2,57973	15,4784	100,00	773,92

Fuente: Resultados del sistema de medición, báscula termogravimétrica Boeco 1

En la evaluación del sistema de medición, el R&R total es del 93.42% e indica que la variación al proceso de medición la genera el operador. En tanto que, la contribución del parte a parte indica que el proceso de medición no es capaz de diferenciar entre partes, ya que tiene un 35.67% de contribución. La reproducibilidad en el estudio presenta 17.31% de contribución, es decir, la báscula aporta variación significativa al proceso de medición.

Por tanto, se necesita entrenar a los operadores que realizan el análisis de humedad, además, la báscula requiere mantenimiento y calibración.

Tabla 14. Estudio R&R báscula termogravimétrica Boeco 2 – Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	1,10390	100,00
Repetibilidad	1,03362	93,63
Reproducibilidad	0,07028	6,37
Parte a parte	0,00000	0,00
Variación total	1,10390	100,00

Fuente: Datos de humedad obtenidos. Anexo 1.

Los resultados de la tabla 2.12 evidencian que la báscula termogravimétrica Boeco 2, tiene un R&R total del 93.63% lo que demuestra que los operadores aportan variación al proceso de medición. El parte a parte es 0%, el proceso de medición no tiene la capacidad de diferencias entre las partes.

En la evaluación del sistema de medición, el R&R total es del 96,76% e indica que la variación al proceso de medición la genera el operador. En tanto que, la contribución del parte a parte indica que el proceso de medición no es capaz de diferenciar entre partes, ya que tiene un 0.00% de contribución. La reproducibilidad en el estudio presenta 25.23% de contribución, es decir, la báscula aporta variación significativa al proceso de medición.

Tabla 15. Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	1,05067	6,30401	100,00	315,20
Repetibilidad	1,01667	6,10004	96,76	305,00
Reproducibilidad	0,26510	1,59060	25,23	79,53
Parte a parte	0,00000	0,00000	0,00	0,00
Variación total	1,05067	6,30401	100,00	315,20

Fuente: Resultados del sistema de medición, báscula termogravimétrica Boeco 2

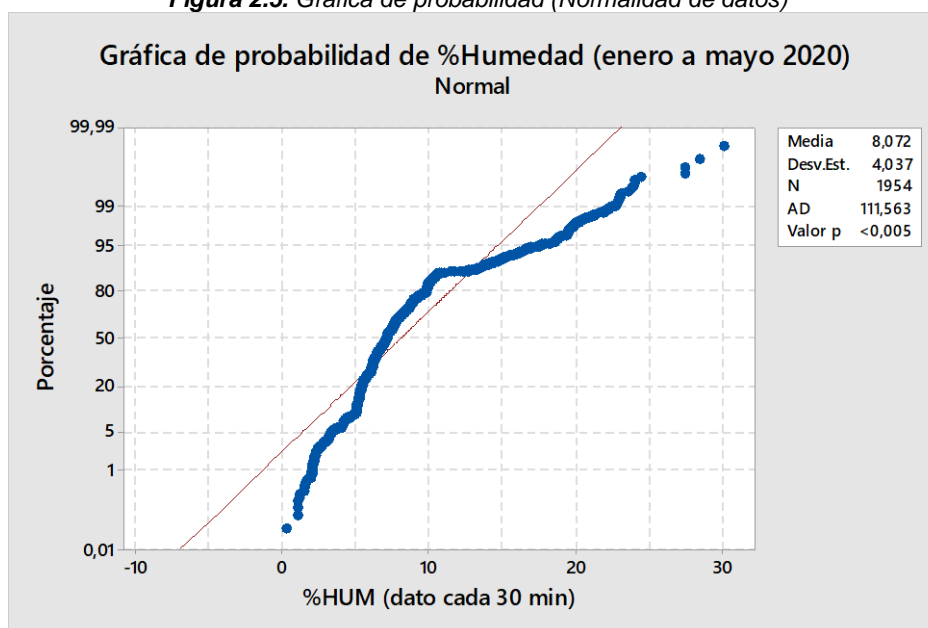
Por tanto, se necesita entrenar a los operadores que realizan el análisis de humedad, además, la báscula requiere mantenimiento y calibración.

Como conclusión, la báscula termogravimétrica Shimadzu es la que realizara el análisis de humedad de harina. Las basculas Boeco 1 y 2 entrarán a mantenimiento y calibración. Los dos monitoristas recibirán reinducción sobre el procedimiento de análisis de humedad de harina en el proceso.

2.2.5. Análisis de capacidad

Previo al análisis de capacidad se realiza la Prueba de normalidad de los datos de humedad de harina. En donde se rechaza la hipótesis nula (H_0) cuando el valor $p \leq \alpha$, ya que se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Figura 2.5. Gráfica de probabilidad (Normalidad de datos)

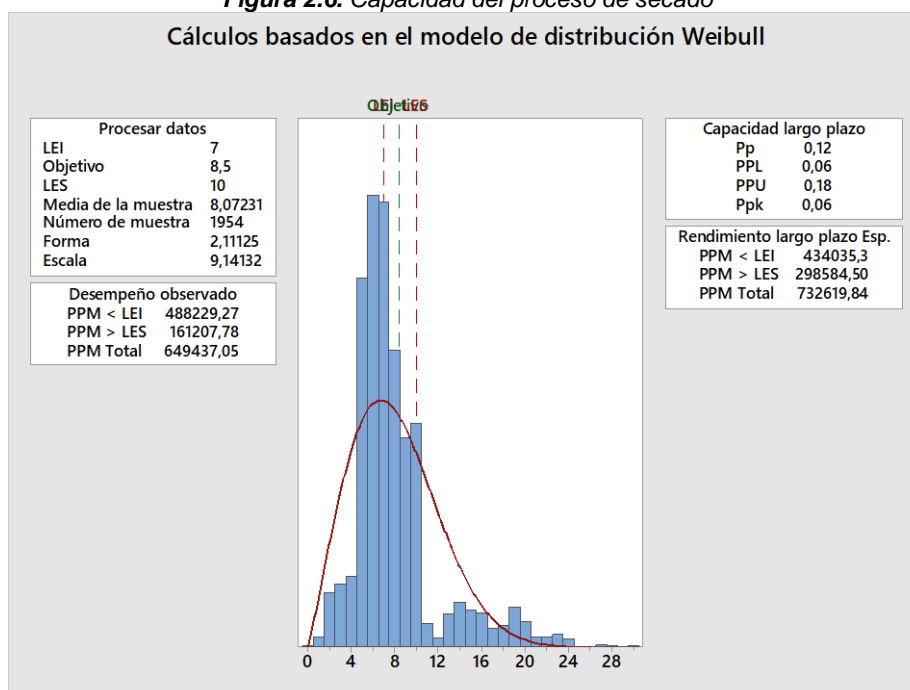


Fuente: Datos de humedad de harina. Enero a mayo 2020.

El valor p es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Tomando en cuenta que la distribución es no normal se realiza el análisis de capacidad del proceso.

Figura 2.6. Capacidad del proceso de secado
Cálculos basados en el modelo de distribución Weibull



Fuente: Elaboración propia

El valor de Pp es 0.12 indicando que la capacidad del proceso es deficiente y se requiere mejorar el proceso reduciendo su variación.

El valor de Ppk es 0.06 indicando que la capacidad del proceso es deficiente y que se requiere mejorar el proceso para que se encuentre dentro de los límites de especificación.

El valor de Pp y Ppk son diferentes, por lo tanto, el proceso no está centrado.

2.3. Análisis

En esta etapa se analizan los datos actuales del proceso y se establece si es una condición real o un evento aleatorio que no se puede solucionar con el uso de esta metodología. Es por eso que, es aquí cuando se selecciona y usa herramientas de análisis de datos estadísticos con los que crearemos un plan de posibles que mejoras que se aplicaran en la siguiente etapa. Shankar Rama (2009) “El propósito de la fase de análisis es ayudarlo a comprender las relaciones causa efecto de un proceso, es decir, cuál de los factores de entrada influye en la salida, es decir, el producto o servicio que proporciona.”

2.3.1. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa tiene como efecto principal la variación de humedad en el proceso de secado de harina. Y como posibles causas los mencionados por las áreas de producción, calidad, mantenimiento y seguridad de la empresa.

La utilidad de esta herramienta permite analizar y encontrar las relaciones de los efectos y sus causas potenciales.

La elaboración del diagrama de Ishikawa contó con la participación de los departamentos de Producción, Calidad y Mantenimiento. El efecto es 65% de producto terminado fuera de especificación en el parámetro porcentaje de humedad de harina menor a 7% en la etapa de secado. Cada área aportó con las ideas de las posibles causas que generen el efecto indicado. (Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa))

2.3.2. Matriz causa-efecto

La matriz causa-efecto es un método de valoración cualitativa y permite identificar cuales causas pueden tener mayor efecto en el problema del proyecto (Tabla 2.15. Matriz causa-efecto). Para la valoración participó personas involucradas en el proceso de secado de harina y la valoración se realiza con la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 16. Valoración de matriz causa efecto

Rango	Efecto
0	ningún impacto
1	impacto débil
3	impacto medio
6	alto impacto

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto las causas que tienen más de 20 puntos son consideradas las más importantes y se elabora el plan de acción con asignación de responsabilidades. (Tabla 2.16. Plan de acción).

Figura 2.7. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Matriz causa-efecto

Causas principales Ishikawa	Impacto de la causa sobre la variación de humedad					total
	Supervisor de producción	Supervisor de calidad	Jefe de Mantenimiento	Operador de cocción y secado	Operador materia prima	
Falta de capacitación	6	6	6	3	3	24
Personal insuficiente	6	3	3	6	6	24
Equipo obsoleto	1	3	6	1	3	14
Mantenimiento costoso	3	1	6	3	3	16
Baja capacidad de evaporación	6	3	6	3	1	19
Clasificación de Materia Prima	0	1	1	0	3	5
Contenido de humedad en la Materia Prima	6	6	3	6	6	27
Falta de procedimientos	6	6	6	3	3	24
Calibración no realizada	6	6	6	3	6	27
Registros incompletos	1	3	3	1	3	11
Falta de parámetros de operación	6	6	6	6	3	27
Lectura de datos incorrecta	6	6	6	3	3	24
Frecuencia de toma de humedad	3	6	3	3	3	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Plan de acción

Causas	PLAN DE ACCION		
	jul-20	ago-20	Responsable
1.- Falta de capacitación			JP
Realizar capacitación en la operación de los equipos			
2.- Personal insuficiente			JP
Redistribuir el personal en las áreas de trabajo			
3.- Contenido de humedad en la Materia Prima			JC
Solicitar a Proveedores de Materia Prima disminuir el agua de lavado de tanques			
4.- Falta de procedimientos			JP
Elaborar procedimientos estándar de operación			
5.- Calibración no realizada			JM
Realizar la calibración de equipos			
6.- Falta de parámetros de operación			JP
Revisar la información de registros para establecer parámetros iniciales			
7.- Lectura de datos incorrecta			JP y JC
Verificar correcta toma de datos con personal operativo			
Jefe de Producción	JP		
Jefe de Calidad	JC		
Jefe de Mantenimiento	JM		

Fuente: Elaboración propia

Personal insuficiente

Los equipos de cocción, prensa, secado 1, secado 2 y molino están a cargo de un solo operador. El Jefe de Producción desde la primera semana de septiembre del 2020 designa a 2 operadores en el mismo turno para que las áreas de cocción y prensa se separen de secado 1, secado 2 y molino.

Contenido de humedad en la Materia Prima

Desde enero del 2018 vía correo electrónico la empresa harinera gestiona a los proveedores las observaciones sobre el exceso de humedad de la materia prima. En febrero del año 2019 en reunión solicitada por la empresa harinera con cada uno de los proveedores, indicaron que las operaciones que realizan para movilizar el descarte incluyen el uso de agua para lavado de las mesas, bandejas y utensilios que se usan para separar la carne del atún. Por tanto, no pueden realizar cambios a sus operaciones y que la empresa harinera adaptarse a la humedad de la materia prima.

Calibración no realizada

Debido a la pandemia los cronogramas de calibración de equipos no se cumplieron. El Jefe de Mantenimiento solicita la calibración de los equipos que se realiza a partir de agosto del 2020.

Falta de parámetros de operación

El jefe de producción realiza el análisis de la información generada por los documentos de control de calidad para establecer parámetros de operación iniciales.

En la tabla 16 se detalla la información que se recibe con los registros generados

Tabla 19. Información de registros

Registro	Etapa	Parámetro	Unidad	Rango
RE:PR:003	cocción	Presión de vapor eje	psi	20 -25
		Presión de vapor chaqueta	psi	35-45
		Frecuencia	hz	46,8 – 60
		Temperatura de cocción	°c	min 90
RE:PR:003	Prensa	Frecuencia	hz	46,8 -60
		Ajuste manual	und	6
		Humedad producto prensado	%	38-47
		Líquido concentrado	m ³	0,3-08
RE:PR:007	secado etapa 1	Presión de vapor eje	psi	60-80
		Presión de vapor chaqueta	psi	60-70
		humedad producto	%	30-35
RE:PR:012	secado etapa 2	Presión de vapor	psi	80-100
		temperatura de secado	°c	70-95
		temperatura de producto seco	°c	65-85
		humedad de producto terminado	%	6-10

Fuente: Registros de producción diarios de la Planta exportadora.

La información de los rangos de operación está dada por los valores máximos y mínimos de operación desde el año 2018.

El jefe de producción solicita la adquisición de 12 sensores de temperatura (PT-100), 1 flujómetro de vapor para la etapa de secado 2, 1 flujómetro de vapor para la caldera y 2 registradores que muestren en tiempo real las condiciones de operación del proceso.

El tamaño y ubicación donde se toma la muestra están definidos en el procedimiento del departamento de control de calidad.

Lectura de datos incorrecta

El jefe de producción y el Jefe de Calidad se reúnen con los monitoristas para revisar la toma de datos en los registros cocción y prensado (RE:PR:003), secado 1 (RE:PR:007) y secado 2 (RE:PR:012). El registro RE:PR:012 es actualizado en julio del 2020 cambiando el registro de presión de vapor (psi) por flujo de vapor a secador (Kg/H) con la instalación de un flujómetro.

Falta de capacitación y Falta de procedimientos.

El jefe de producción elabora instructivos de operación para cocción (BRS:IT:PR:001), prensa (BRS:IT:PR:002), secado (BRS:IT:PR:005) con la información que se tiene disponible. Al finalizar el proyecto se actualizará el contenido de los instructivos. Se realiza la capacitación al personal con el uso de los instructivos de operación

2.3.3. Análisis del Modo y Efecto de Fallas

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en el proceso, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Dada la particularidad del proceso, los rangos de severidad, ocurrencia y detección los analizaron a partir de eventos en la operación diaria. Para la realización del AMEF se contó con la participación de un asesor externo el Ing. Juan Jose Forestieri que tiene amplia experiencia en el área de mantenimiento. Además, la participación del personal de mantenimiento y operadores de área fue indispensable para construir la tabla con los modos y efectos de falla.

El AMEF se realiza al proceso de secado de harina y comprende las etapas de prensado, secado 1, secado 2 e incluye la alimentación y descarga mediante tornillos helicoidales y adición de líquido concentrado al proceso. Los pasos del proceso están descritos en el Mapa de proceso (Ver Anexo 2)

Con el mapa de procesos elaborado se determinan los modos potenciales de fallo y los efectos potenciales de fallo para cada uno de los modos potenciales de fallo. Finalmente se evalúa la gravedad de los efectos. EL proyecto tiene rangos de severidad, ocurrencia y detección de elaboración propia.

Tabla 20. Rangos de Severidad

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Menor	2	La humedad se encuentra dentro de los rangos, pero con variación
Moderado	3	La humedad se encuentra fuera de los límites de especificación menos de 30 minutos
Significativo	4	La humedad se encuentra fuera de los límites de especificación entre 30 y 60 minutos
Fuera de control	5	La humedad se encuentra fuera de los límites de especificación más de 60 minutos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Rango de Ocurrencia

Ocurrencia	Rango	Criterio
Remota	1	Más de tres meses
Poca	2	Una vez cada tres meses
Moderada	3	una vez al mes
Alta	4	Una vez a la semana
Muy alta	5	Una vez al día

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Criterio de evaluación de Detección

Probabilidad	Rango	Criterio
Casi imposible	4	El defecto no es fácil de detectar
Baja	3	El defecto es difícil de detectar
Moderada	2	El defecto es fácil de detectar
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia

Fuente: Elaboración propia

Los valores de RPN (Número de prioridad de riesgo) facilitan la comprensión del impacto de las acciones en el proceso de secado de harina de pescado. Por tanto, las acciones para minimizar el riesgo las documentan en el Plan de mantenimiento anual de los equipos, en los SOP y en los análisis estadísticos de los datos tomados del proceso.

2.3.4. Evaluación de los problemas críticos

De acuerdo a la información proporcionada por el AMEF, las acciones con mayor impacto son las que tienen el valor de Número de prioridad de riesgo más alto. (NPR mayor a 50). Para ello, la matriz impacto esfuerzo prioriza los problemas de tal manera que se identifiquen aquellos que requieren el menor uso de recursos y que se consideran que tienen más impacto en el objetivo que es el producto no conforme con humedad menor a 7% en la operación de secado de harina.

Para evaluar los problemas críticos realizaron las siguientes preguntas:

Para el Esfuerzo:

- A. ¿El operador requiere capacitación continua?
- B. ¿El operador debe cambiar su manera de trabajar?
- C. ¿Qué cantidad de recursos se requieren para realizar la actividad?

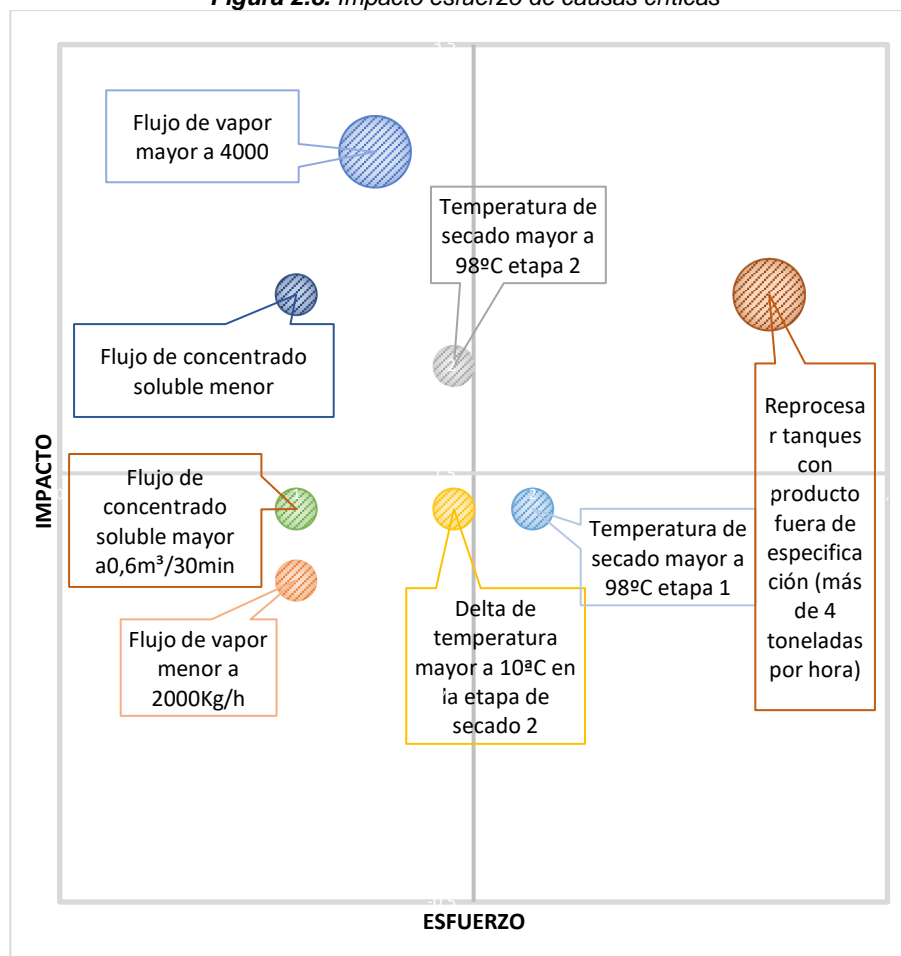
Para el Impacto:

- D. ¿Si se realiza una acción, el efecto es inmediato?
- E. ¿Si realiza una acción, el PNC menor a 7% disminuye?
- F. ¿Si se realiza una acción, facilita la tarea del personal aguas abajo del proceso?

Para cuantificar el esfuerzo y el impacto

- 1. Bajo
- 2. Medio
- 3. Alto

Figura 2.8. Impacto esfuerzo de causas críticas



Fuente: Elaboración propia

2.3.5. Matriz de verificación de causas

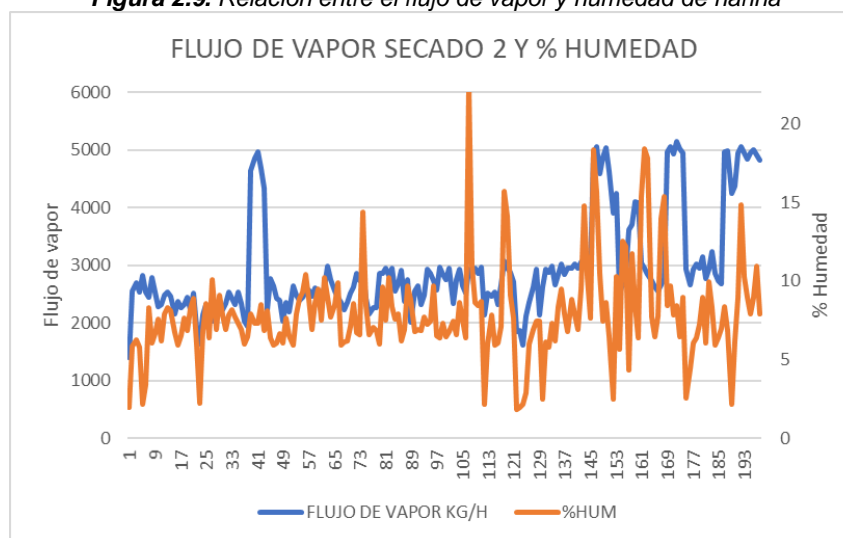
Con las causas críticas clasificadas se realiza la matriz de verificación en la que, para cada una de las posibles causas se identifique quien, como, donde y cuando investigar.

Para realizar la matriz de verificación de causas, el jefe de producción y el Jefe de control de calidad son los responsables de la verificación según la posible causa. Se define para el cómo realizar la verificación que, se realizará análisis estadístico o supervisión en sitio. Los lugares para realizar la verificación son los instrumentos de medición (termómetro, registrador de flujo, trampas de vapor y tolva de producto no conforme). El rango de fecha para verificar las causas son los primeros 15 días de agosto.

Flujo de vapor mayor a 4000 kg/h y menor a 2000 kg/h

En los datos obtenidos entre el 3 y el 15 de agosto del 2020 (Registro RE:PR:012; actualizado en julio del 2020), se observa que si el flujo de vapor excede los 4000 kg/h el proceso se vuelve muy inestable e incrementa la variación de la humedad de la harina. Además, se observa que existen eventos en los que con un flujo menor a 2000 kg/h se tiene humedades menores a 7% en la tapa de secado 2.

Figura 2.9. Relación entre el flujo de vapor y humedad de harina

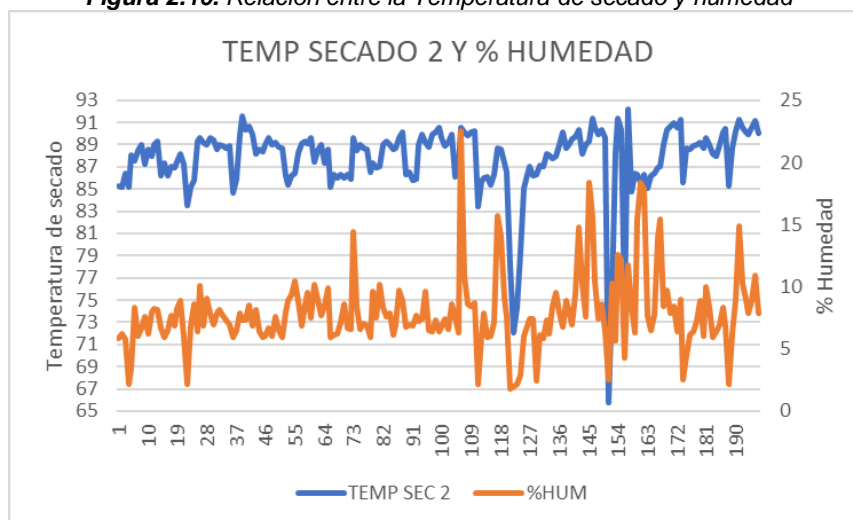


Fuente: Datos de flujo de vapor y humedad. RE:PR:012

Temperatura de secado mayor a 92°C en etapa de secado 2

En los datos obtenidos entre el 3 y el 15 de agosto del 2020 (Registro RE:PR:012; actualizado en julio del 2020), se observa que la temperatura mayor a 92°C en la etapa de secado 2, no afecta la variabilidad del proceso de secado.

Figura 2.10. Relación entre la Temperatura de secado y humedad

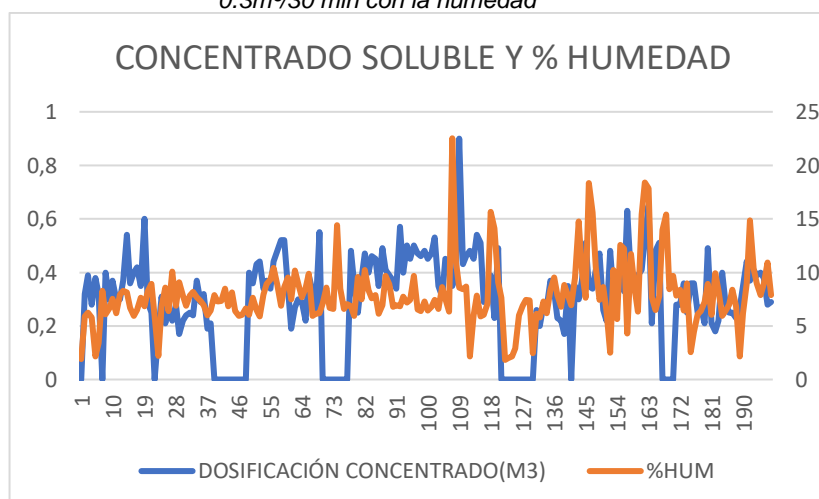


Fuente: Datos de temperatura de secado y humedad. RE:PR:012

Dosificación de concentrado soluble mayor a 0.6 m³/30 min y menor a 0.6 m³/30 min

En los datos obtenidos entre el 3 y el 15 de agosto del 2020 (Registro RE:PR:003), se observa que dosificar una cantidad mayor a 0.6 m³/30 min no tiene efecto sobre el producto no conforme con humedad menor a 7%. Sin embargo, dosificar menos de 0.6 m³/30 min en la etapa de secado 1, afecta la variabilidad del proceso de secado tendiendo a obtener mayor cantidad de producto fuera de especificación con humedad menor a 7%.

Figura 2.11. Relación entre Dosificación de concentrado soluble mayor a 0.6m³/30 min y menor a 0.3m³/30 min con la humedad



Fuente: Datos de concentrado soluble y humedad RE:PR:012 y RE:PR:003

Delta de temperatura mayor a 10°C en la etapa de secado 2

En la verificación en sitio realizada entre el 3 y el 15 de agosto del 2020, se observó que las trampas de vapor trabajan sin retener condensado en la etapa de secado 2. Por lo tanto, la diferencia de temperatura en la etapa de secado se mantuvo menor a 10°C y se concluye que no es una causa que genere producto no conforme con humedad menor a 7%.

Temperatura de secado mayor a 98°C en la etapa de secado 1.

En la verificación en sitio realizada entre el 3 y el 15 de agosto del 2020, se observó que el termómetro ubicado en la descarga de la etapa de secado 1 no señaló temperaturas mayores a 90°C. Por tanto, no es una causa que genere producto no conforme con humedad menor a 7%.

Reprocesar tanques con producto fuera de especificación

En la verificación en sitio realizada entre el 3 y el 15 de agosto del 2020, se observó que se cumple con lo establecido en los procedimientos de calidad:

Responsabilidades del monitorista:

- Llenar manualmente los registros de producto en proceso cada 30 mins.
- Tomar muestras para humedad de harina cada 30 mins
- En caso de detectar producto no conforme:
 - o Harina con humedad menor a 7 %. – Comunica a operador de ensaque para que separe la producción en pallets que se identifican con una etiqueta de color rojo que indica (producto no conforme humedad menor a 7%)
 - o Comunica a operador de secado para que verifique las condiciones de proceso para que detecte y corrija desviaciones.
 - o Harina con humedad mayor a 10%. – Se descarga el producto en un recipiente de acero inoxidable con capacidad de 1 tonelada en la descarga del secador etapa 2. El producto no conforme se reingresa a la etapa de secado 1 a razón de 2 toneladas/30 mins con el uso de montacargas y el operador de secado una vez que el proceso este estabilizado. Comunica al operador de secado para que verifique condiciones de proceso de tal manera que detecte y corrija desviaciones.

Tabla 23. Matriz de verificación de causas

Posibles Causas	¿Quién verifica?	¿Cómo verifica?	¿Dónde verifica?	¿Cuándo?	Resultado
Descripción	Responsable	Método	Lugar	Fecha	¿Es causa?
Flujo de vapor mayor a 4000 kg/h	Jefe de producción	Análisis estadístico	Registrador de flujo	3 agosto 2020 15 agosto 2020	SI
Flujo de vapor menor a 2000Kg/h	Jefe de producción	Análisis estadístico	Registrador de flujo	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO
Temperatura de secado mayor a 98°C etapa 2	Jefe de producción	Análisis estadístico	Sensor de temperatura	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO
Delta de temperatura mayor a 10°C en la etapa de secado 2	Jefe de producción	Supervisión	Trampas de condensado	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO
Temperatura de secado mayor a 98°C etapa 1	Jefe de producción	Supervisión	Termómetro en el equipo	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO
Flujo de concentrado soluble mayor a 0,6 m ³ /30min	Jefe de producción y Jefe de calidad	Análisis estadístico	Registrador de flujo	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO
Flujo de concentrado soluble menor a 0,3 m ³ /30 min	Jefe de producción y Jefe de calidad	Análisis estadístico	Registrador de flujo	3 agosto 2020 15 agosto 2020	SI
Reprocesar tanques con producto fuera de especificación (más de 4 toneladas por hora)	Jefe de producción y Jefe de calidad	Supervisión	tolva de producto no conforme	3 agosto 2020 15 agosto 2020	NO

Fuente: Elaboración propia

2.4. Implementar

En esta etapa se desarrollan, implementan y comprueban alternativas de mejora para el proceso. Para lo cual, se requiere de la participación de las personas involucradas para que se generen propuestas que sean llevadas como pruebas piloto dentro del proceso. Aquellas propuestas que generan mejoras en el proceso deben ser verificadas para asegurar que la mejora es posible.

Shankar Rama (2009) lo describe de la siguiente manera: “Al final de la fase de análisis, se ha adquirido una mayor comprensión de las condiciones del proceso que se quieren mejorar. Por tanto, se requiere identificar cuáles son los factores que de entrada que son más significativos y trabajar sobre ellos para implementar la mejora”

2.4.1. Plan de acción de implementación de mejoras

Las acciones a realizar para solucionar las causas del producto no conforme con humedad menor a 7% son:

Flujo de vapor mayor a 4000 kg/h

- Establecer rango de operación para el flujo de vapor (2000 a 3500 kg/h).
- Realizar el mantenimiento completo en la Para Programada a realizarse la segunda semana de septiembre al conjunto de válvulas de admisión de vapor a la etapa de secado 2. (Válvula Reguladora de presión y válvulas de compuerta).
- Controlar nuevas condiciones de operación y observar desviaciones desde septiembre a diciembre del 2020.
- Realizar diagrama de cajas con los resultados obtenidos. (Tabla 20 Plan de acción para la implementación de mejoras)

Flujo de concentrado soluble menor a 0.3 m³/30min

- Establecer rango de operación para el flujo de vapor (0.3 m³/30 min a 0.7 m³/30 min).
- Realizar el mantenimiento completo en la Para Programada a realizarse la segunda semana de septiembre a la bomba de desplazamiento positivo, reductor y variador de velocidad que dosifican concentrado soluble al proceso de harina.
- Controlar las nuevas condiciones de operación y observar desviaciones desde septiembre a diciembre del 2020.
- Realizar diagrama de cajas con los resultados obtenidos. (Tabla 20 Plan de acción para la implementación de mejoras).

Tabla 24. Plan de acción para la implementación de mejoras

Acciones a realizar	Implementación				Responsable
	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	
1.- Flujo de vapor mayor a 4000 kg/h secador etapa2					
Establecer como rango de operación 2000 a 3500 kg/h	■				JP
Realizar mantenimiento de válvulas		■			JM
Controlar condiciones de operación		■			JP
Diagrama de cajas antes-después				■	
2.- Flujo de concentrado soluble menor a 0,3 m³/30 min					
Establecer como rango de operación 0,4 a 0,7 m ³ /30min	■				JP
Realizar mantenimiento a bomba de desplazamiento positivo		■			JM
Realizar mantenimiento a motor, reductor y variador de velocidad de la bomba de desplazamiento positivo		■			JM
Controlar condiciones de operación		■			JP
Diagrama de cajas antes-después				■	JP

Jefe de Producción	JP
Jefe de Mantenimiento	JM

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

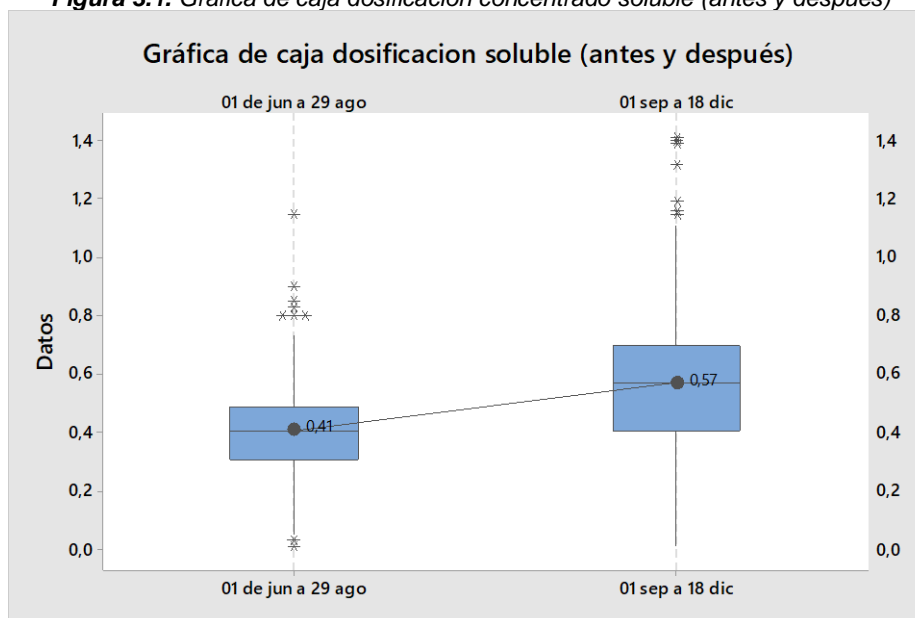
3. RESULTADOS DEL PROYECTO

3.1. Comparación del antes y después a las mejoras implementadas en el proceso

3.1.1. Dosificación de soluble

Si la dosificación de concentrado soluble es menor a $0.3 \text{ m}^3/30 \text{ min}$ incrementa la variación del proceso de secado y con ello el producto no conforme con humedad menor a 7%, por lo que, una vez que se establece el rango de operación para este parámetro (0.3 a $0.7 \text{ m}^3/30 \text{ min}$) se realiza el diagrama de cajas para visualizar si existen diferencias entre la operación habitual y la operación después de implementar la mejora. El rango de fechas para el periodo anterior es del 01 de junio al 29 de agosto del 2020 y periodo actual comprende los datos generados entre el 01 de septiembre al 18 de diciembre del 2020.

Figura 3.1. Gráfica de caja dosificación concentrado soluble (antes y después)



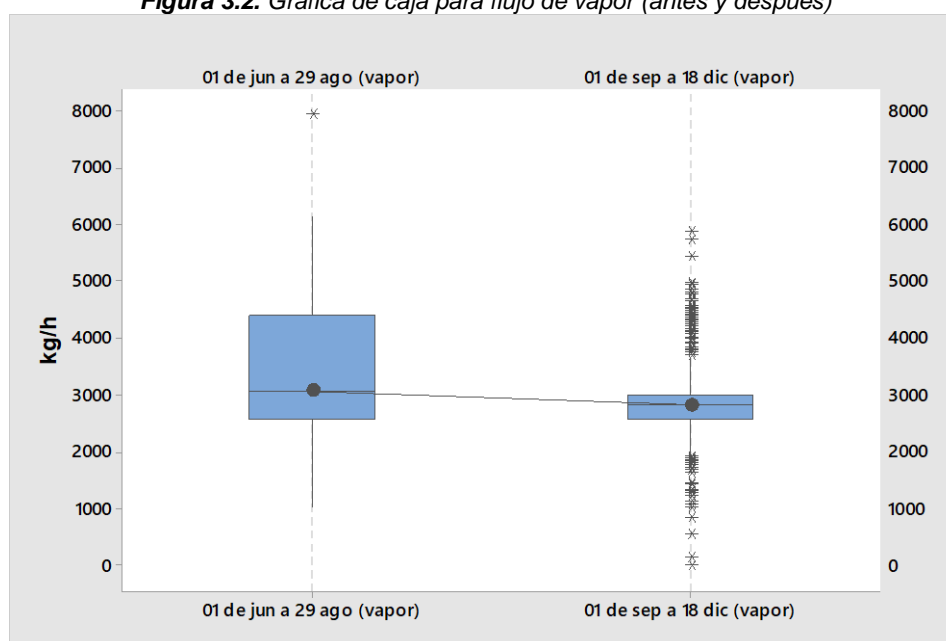
Elaborado por: Autor - Minitab

La figura 3.1 muestra que, en el periodo del 01 de septiembre a 18 de diciembre del 2020 incrementa la dosificación de concentrado soluble en el secado etapa 1.

3.1.2. Flujo de vapor

Con flujos de vapor mayores a 4000 kg/h incrementa la variación del proceso de secado y con ello el producto no conforme con humedad menor a 7%, por lo que, una vez que se establece el rango de operación para este parámetro (2000 a 3500 kg/h) se realiza el diagrama de cajas para visualizar si existen diferencias entre la operación habitual y la operación después de implementar la mejora. El rango de fechas para el periodo anterior es del 01 de junio al 29 de agosto del 2020 y periodo actual comprende los datos generados entre el 01 de septiembre al 18 de diciembre del 2020.

Figura 3.2. Gráfica de caja para flujo de vapor (antes y después)



Elaborado por: Autor - Minitab

La figura 3.2. muestra que, en el periodo del 01 de septiembre a 18 de diciembre del 2020 reduce la variación del flujo de vapor en el proceso de secado etapa 2, manteniendo valores entre 2500 y 3000 kg/h.

3.1.3. Humedad de harina

Con los ajustes realizados al flujo de vapor en la etapa de secado 2 y la dosificación de concentrado soluble mayor a 0.3 m³/30min, la variabilidad del proceso de producción de harina de subproductos de atún tuvo los siguientes resultados:

Tabla 25. Prueba de igualdad de varianzas para el año 2020

Prueba de igualdad de varianzas: periodo 2020

Método

Hipótesis nula

Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Muestra	N	Desv.Est.	IC
6 ene a 05 feb	487	4,24569	(3,65665; 4,95700)
5 feb a 10 mar	487	3,29222	(2,76615; 3,94010)
10 mar a 5 may	487	4,13381	(3,56853; 4,81523)
5 may a 10 jun	487	4,40932	(3,83739; 5,09464)
10 jun a 10 jul	486	3,96988	(3,48929; 4,54181)
10 jul a 21 ago	487	3,13599	(2,72450; 3,62967)
21 ago a 18 dic	487	2,86011	(2,51624; 3,26903)

Nivel de confianza individual = 99,2857%

Pruebas

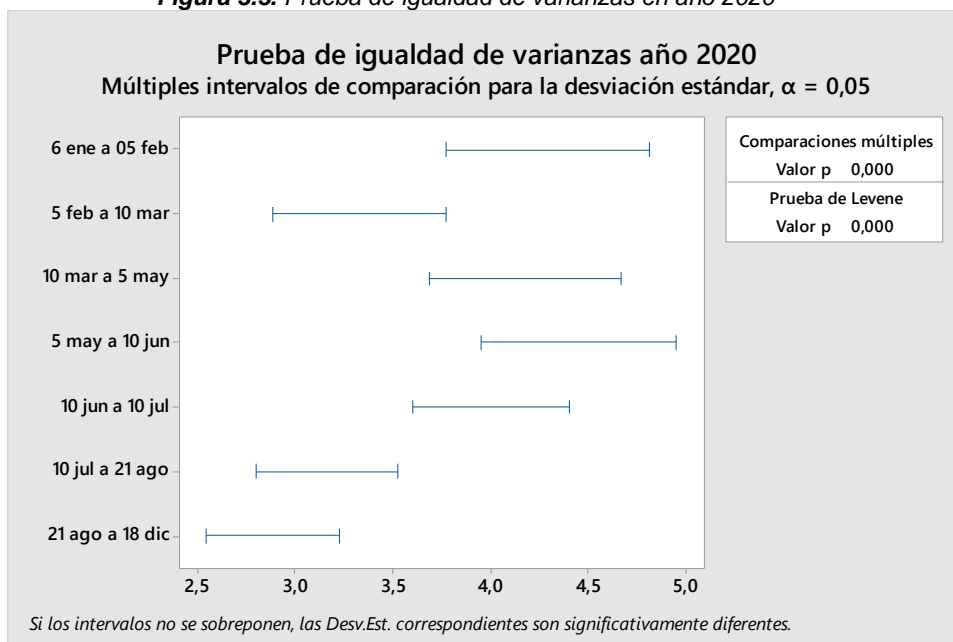
Método

	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0
Levene	7,64	0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 25 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las varianzas son diferentes. Además, la variabilidad del proceso de harina disminuyó en el periodo que comprende del 21 de agosto al 18 de diciembre del 2020 en el que la desviación estándar de la humedad obtuvo el valor más bajo (2.86). La Figura 3.3 grafica la prueba de igualdad de varianzas y demuestra que en los dos últimos periodos la variabilidad disminuye como resultado de las mejoras implementadas.

Figura 3.3. Prueba de igualdad de varianzas en año 2020

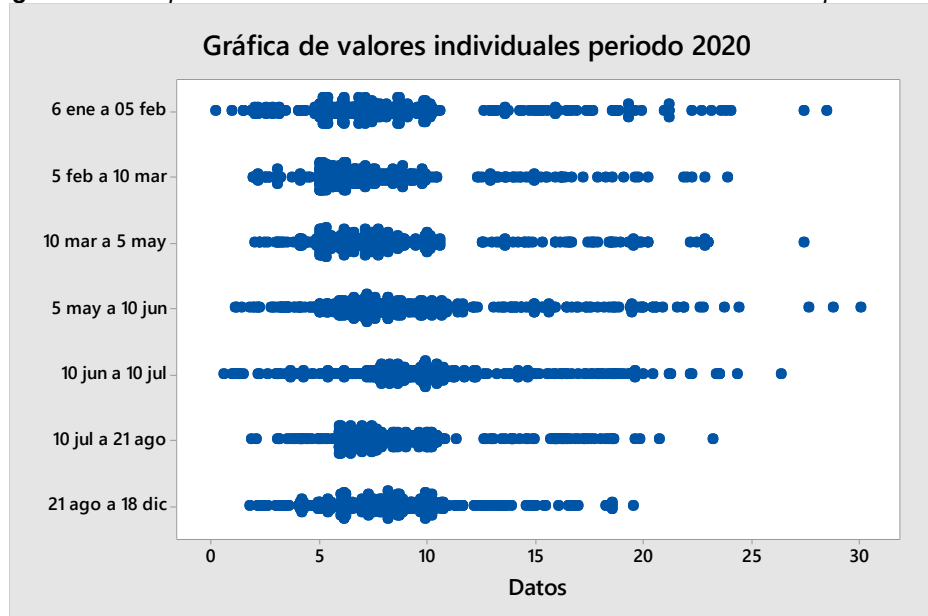


Elaborado por: Autor - Minitab

Finalmente, analizan las dos graficas que acompañan la prueba de igualdad de varianzas. De tal manera que:

- Primero, la gráfica de los valores individuales de humedad compara cada periodo del año 2020 para ver el comportamiento del proceso. En la Figura 3.4 la variación de humedad de harina disminuye en los dos últimos periodos y la mayor concentración de datos se encuentra entre 5 y 10% de humedad.

Figura 3.4. Comparación de valores individuales de humedad de harina en el periodo 2020



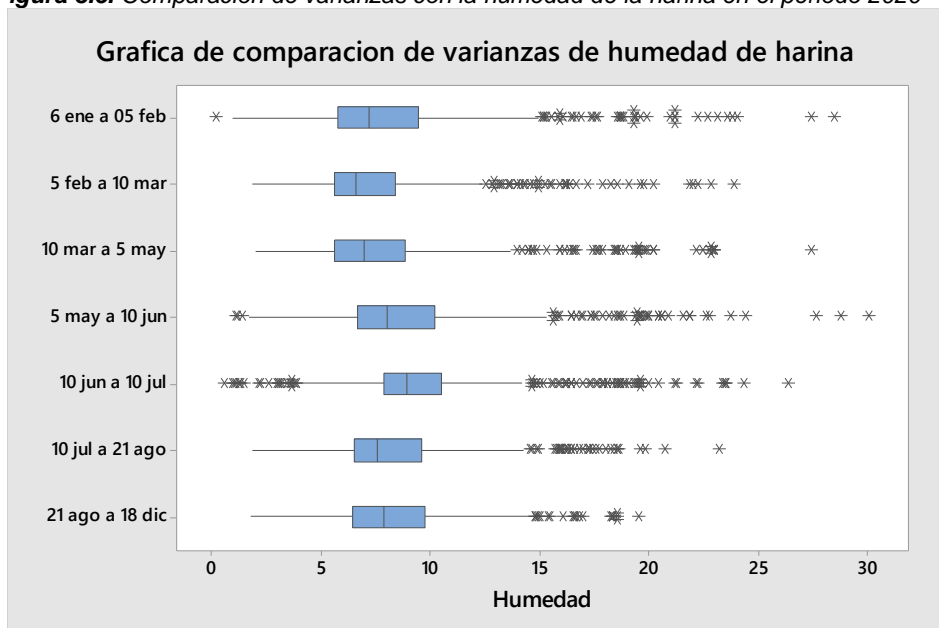
Finalmente, la gráfica de cajas compara la varianza de los datos del periodo 2020 y de acuerdo a los resultados de la Figura 3.5, la mejor distribución de datos se encuentra en el periodo que comprende del 10 de julio al 21 de agosto y del 21 de agosto al 18 de diciembre. Los resultados están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 26. Información de los Diagramas de cajas

Muestra	N	Q1	Mediana	Q3	Rango intercuartil	Bigotes en
6 ene a 05 feb	487	5,82	7,21	9,51	3,69	0,97 ; 14,95
5 feb a 10 mar	487	5,62	6,63	8,39	2,77	1,92 ; 12,39
10 mar a 5 may	487	5,64	6,99	8,91	3,27	2,01 ; 13,71
5 may a 10 jun	487	6,72	8,06	10,21	3,49	1,77 ; 15,32
10 jun a 10 jul	486	7,87	8,94	10,54	2,66	3,93 ; 14,24
10 jul a 21 ago	487	6,52	7,62	9,63	3,11	1,87 ; 14,25
21 ago a 18 dic	487	6,47	7,87	9,76	3,27	1,8 ; 14,58

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5. Comparación de varianzas con la humedad de la harina en el periodo 2020

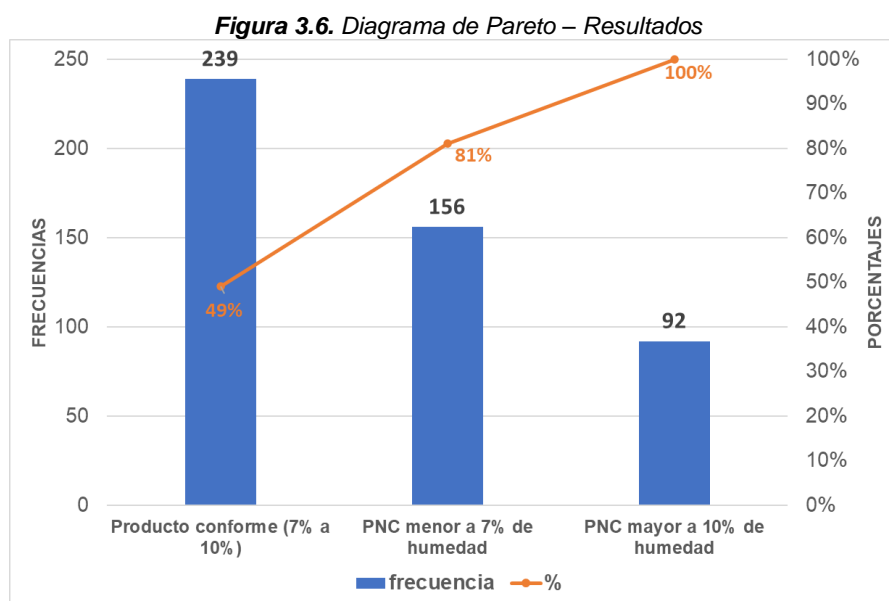


En el problema enfocado declarado presentó que el proceso registra el 46% de producto terminado fuera de especificación en el parámetro porcentaje de humedad de harina menor a 7% en la etapa de secado. Es por eso que, en el Diagrama de Pareto presenta los resultados de la implementación de la mejora de acuerdo al objetivo del proyecto.

Tabla 27. Diagrama de Pareto - Resultados

Observaciones clave	Frecuencia	Consideraciones (21 de agosto a 18 de diciembre 2020)
PNC menor a 7% de humedad	156	Datos con humedad menor a 7%
PNC mayor a 10% de humedad	92	Datos con humedad mayor a 10%
Producto conforme	239	Datos de humedad dentro de especificación

Fuente: Datos de humedad de harina del 21 de agosto al 18 de diciembre del 2020



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Diagrama de Pareto el Producto No Conforme en el parámetro humedad de harina pescado menor a 7% de humedad es de 32%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados del proyecto.

4.1. CONCLUSIONES

Con la implementación de las mejoras se cumplió el objetivo Smart, el cual era incrementar el valor central de la variable porcentaje de humedad de harina de pescado de 7,1% a 7,9% para disminuir la cantidad de producto no conforme desde septiembre hasta finales de noviembre del 2020. En la gráfica de cajas del periodo que comprende del 21 de agosto al 18 de diciembre la mediana fue de 7.87%.

Con la disminución de la variabilidad del proceso, el producto terminado fuera de especificación en el parámetro porcentaje de humedad menor a 7% disminuyó del 46% al 32%.

4.2. RECOMENDACIONES

Las mejoras requieren más tiempo para su implementación por lo que se recomienda continuar controlando el flujo de vapor a la etapa de secado 2 y la dosificación de concentrado soluble por 6 meses más o hasta obtener estabilidad en los datos observados.

Actualmente dos personas están capacitadas en la operación del secado, por lo que, se recomienda capacitar a dos personas más para poder cubrir los puestos en caso de ausentismo o enfermedad.

Se recomienda revisar los instructivos de operación y procedimientos con el personal operativo semestralmente e insistir en el cumplimiento de los parámetros de operación.

BIBLIOGRAFÍA

O'Brian A. (2019). Lean Six Sigma. Washington, USA: Independently published. Retrieved February 13, 2020, from www.amazon.com.

Shankar R. (2009) Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. Milwaukee, USA: American Society for Quality. Quality Press.

Altan, O. (2018). Evaluation of fish by-products meal emerging as a result of aquaculture and fish processing industry by using the flash dryer system. Pakistan Journal of Zoology, 50(2), 446 -449.

Au Diaz, N. (1996). Elaboración de Harinas de Pescado de Alta Calidad, Manual preparado para la empresa ESMITAL LTDA. Concepción, CHILE. 15-127

ANEXOS

ANEXO 1

R&R Anidado

BALANZA TERMOGRAVIMETRICA: BOECO N°2

Orden Corrida	Partes	Código	Operadores	%HUMEDAD
1	M250620	13	CARLOS ESCOBAR	8,11
2	M250620	14	CARLOS VELEZ	8,45
3	M260620	31	CARLOS VELEZ	8,17
4	M250620	15	CARLOS VELEZ	8,08
5	M250620	16	CARLOS ESCOBAR	8,31
6	M260620	32	CARLOS ESCOBAR	8,19
7	M260620	33	CARLOS VELEZ	8,64
8	M250620	17	CARLOS VELEZ	8,12
9	M260620	34	CARLOS ESCOBAR	4,8
10	M260620	35	CARLOS ESCOBAR	8,35
11	M250620	18	CARLOS ESCOBAR	8,21
12	M260620	36	CARLOS VELEZ	8,56

BALANZA TERMOGRAVIMETRICA: BOECO N°1

Orden Corrida	Partes	Código	Operadores	%HUMEDAD
1	M260620	25	CARLOS VELEZ	7,57
2	M250620	7	CARLOS VELEZ	7,46
3	M260620	26	CARLOS ESCOBAR	4,17
4	M250620	8	CARLOS ESCOBAR	1,88
5	M260620	27	CARLOS VELEZ	7,2
6	M250620	9	CARLOS VELEZ	7,8
7	M260620	28	CARLOS ESCOBAR	8,1
8	M250620	10	CARLOS ESCOBAR	7,77
9	M260620	29	CARLOS VELEZ	7,6
10	M250620	11	CARLOS VELEZ	4,04
11	M260620	30	CARLOS ESCOBAR	7,97
12	M250620	12	CARLOS ESCOBAR	1,19

BALANZA TERMOGRAVIMETRICA: SHIMADZU

Orden Corrida	Partes	Código	Operadores	% HUMEDAD
1	M250620	1	CARLOS ESCOBAR	7,45
2	M260620	19	CARLOS ESCOBAR	7,43
3	M260620	20	CARLOS VELEZ	7,38
4	M250620	2	CARLOS VELEZ	7,42
5	M250620	3	CARLOS ESCOBAR	7,58
6	M260620	21	CARLOS ESCOBAR	7,38
7	M260620	22	CARLOS VELEZ	7,36
8	M250620	4	CARLOS VELEZ	7,4
9	M250620	5	CARLOS ESCOBAR	7,37
10	M260620	23	CARLOS ESCOBAR	7,31
11	M250620	6	CARLOS VELEZ	7,22
12	M260620	24	CARLOS VELEZ	7,53

RESULTADOS MUESTRAS REFERENCIA

Laboratorio de Control de Calidad Empresa Exportadora							
Fecha	Parámetros de control					Sacos	# Sublotes
	Humedad	TBVN	Proteína	Ceniza	Grasa		
	%		%	%	%		
	7_10	90_150	57_72	0_24	0_12		
25/06/2020	7,69	124	59,23	23,73	9,35	135	M250620,1
25/06/2020	7,69	124	29,23	23,73	9,35	375	M250620,2
26/06/2020	8,52	131,4	68,36	11,2	10,72	185	A260620
26/06/2020	7,92	110,4	57,61	22,43	9,87	465	M260620

ANEXO 2. Análisis del Modo Efecto y Falla – AMEF de Operación de Secador Rotatorio, Secador Rotadisk y Prensado de Harina de Pescado

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
PUESTA EN MARCHA SECADOR 1 Y 2	Poner en servicio el secador	Motor no trabaja	No opera el motor	5	Falta de energía eléctrica	2	Revisión panel eléctrico.	1	10
				5	Daño en el variador de velocidad	1	Instalar supresores de pico	4	20
				5	Bajo aislamiento del motor	1	Siempre colocar aislamiento tipo F	4	20
				5	Quemado del embobinado del motor	1	Revisión de amperaje y temperatura de motor	2	10
				5	Corto circuito en terminales de bornera del motor	4	Ajustar terminales	2	40
				5	falla de rodamientos del motor	1	Colocar grasa en rodamientos	2	10

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
	Eliminación de condensado del vapor	No drenar condensado	Equipo no aumenta temperatura	5	Trampa de vapor obstruida	2	Operador	2	20
	Apertura de admisión de vapor	Fuga de vapor por bridas	No ingresa vapor al secador	3	Empaque en mal estado	1	Operador	1	3
	Temperatura de secador	Falla de instrumento	Pre calentamiento inadecuado	4	Daño de termómetro	1	Operador	1	4
ALIMENTACION MP SECADOR 1 y 2	Poner en servicio el tornillo de alimentación	Giro invertido del motor	No ingresa materia prima al secador	1	Conexión de fases intercambiadas	2	Chequeo del sentido de giro del tornillo antes del arranque	1	2
		Motor no trabaja	No opera el motor	5	Falta de energía eléctrica	2	Revisión panel eléctrico.	1	10
				5	Bajo aislamiento del motor	1	Siempre colocar aislamiento tipo F	4	20
				5	Quemado del embobinado del motor	1	Revisión de amperaje y temperatura de motor	2	10

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
				5	Corto circuito en terminales de bornera del motor	3	Ajustar terminales	2	30
PROCESAR EN SECADOR 2	Temperatura secado (vahos)	Daño en sellos de los extremos	Aire frio ingresa al equipo	1	Desgaste de los sellos	1	Operador	1	1
	Ajustar Flujo de vapor	Flujo de vapor mayor a 4000 kg/h	Harina menor a 7% de humedad	5	Manómetro descalibrado	1	Operador	5	25
				5	Válvula controladora de presión descalibrada	5	Operador	3	75
	Ajustar Flujo de vapor	Flujo de vapor menor a 2000Kg/h	Harina mayor a 10% de humedad	5	Manómetro descalibrado	1	Operador	5	25
				5	Válvula controladora de presión descalibrada	5	Operador	3	75
	Revisar apertura de damper	Temperatura de secado mayor a 98°C etapa 2	Harina mayor a 10% de humedad	5	Damper cerrado	4	Operador	3	60

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
	Tomar muestra Humedad producto seco	Mala toma de muestra de harina	Harina menor a 7% de humedad	3	Exceso de huesos en la muestra	5	Operador	2	30
	Revisar purgas de vapor	Fuga de vapor por la trampa	Baja presión de vapor en el sistema	5	Trama de vapor bloqueada	1	Operador	2	10
		Delta de temperatura en el secador mayor a 10°C	Baja temperatura de secador	5	No descarga condensado	5	Operador	3	75
PROCESAR EN SECADOR 1	Temperatura secado (vahos)	Damper no permite salida de vahos	Condensación de vapor	5	Damper cerrado	4	Operador	4	80
	Ajustar Flujo de vapor	Flujo de vapor en exceso	Harina menor a 7% de humedad	5	Manómetro descalibrado	1	Operador	5	25
				5	Válvula controladora de presión descalibrada	5	Operador	3	75
		Flujo de vapor pobre	Harina mayor a 10% de humedad	5	Manómetro descalibrado	1	Operador	5	25

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
				3	Válvula controladora de presión descalibrada	2	Operador	3	18
	Tomar muestra Humedad producto seco	Mala toma de muestra de harina	Harina menor a 7% de humedad	3	Exceso de huesos en la muestra	5	Operador	2	30
	Revisar apertura de damper	Temperatura de secado mayor a 98°C etapa 1	Harina mayor a 10% de humedad	5	Damper cerrado	4	Operador	3	60
	Revisar purgas de vapor	Fuga de vapor por la trampa	Baja presión de vapor en el sistema	5	Trama de vapor bloqueada	1	Operador	2	10
		Equipo se llena de condensado	Se enfría el secador	5	No descarga condensado	5	Operador	3	75
ALIMENTACION PRENSA	Poner en servicio tornillo de alimentación	Giro invertido del motor	No ingresa materia prima al motor	1	Conexión de fases intercambiadas	4	Chequeo del sentido de giro del tornillo antes del arranque	1	4
		Motor no trabaja	No opera motor	5	Falta de energía eléctrica	2	Revisión panel eléctrico.	1	10

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
				5	Bajo aislamiento del motor	1	Siempre colocar aislamiento tipo F	4	20
				5	Quemado del embobinado del motor	1	Revisión de amperaje y temperatura de motor	2	10
				5	Corto circuito en terminales de bornera del motor	4	Ajustar terminales	2	40
PRENSADO	Temperatura de cocción	Baja temperatura de ingreso	Harina aceitosa	3	Baja temperatura de la cocina	4	Operador	2	24
	Abrir válvula de líquido separado	Inundación de la prensa	Harina mayor a 10% de humedad	5	No abrir válvula de líquido prensado	4	Operador	1	20
	Poner en servicio la prensa	Motor no trabaja	No opera motor	5	Falta de energía eléctrica	2	Revisión panel eléctrico.	1	10
				5	Daño en el variador de velocidad	1	Instalar supresores de pico	4	20

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
				5	Bajo aislamiento del motor	1	Siempre colocar aislamiento tipo F	4	20
				5	Quemado del embobinado del motor	1	Revisión de amperaje y temperatura de motor	2	10
				5	Corto circuito en terminales de bornera del motor	4	Ajustar terminales	2	40
				5	falla de rodamientos del motor	1	Colocar grasa en rodamientos	2	10
DESCARGA PRODUCTO PRENSADO	Poner en servicio tornillo de descarga	Giro invertido del motor	No ingresa materia prima al motor	1	Conexión de fases intercambiadas	4	Chequeo del sentido de giro del tornillo antes del arranque	1	4
		Motor no trabaja	No opera motor	5	Falta de energía eléctrica	2	Revisión panel eléctrico.	1	10

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
				5	Bajo aislamiento del motor	1	Siempre colocar aislamiento tipo F	4	20
				5	Quemado del embobinado del motor	1	Revisión de amperaje y temperatura de motor	2	10
				5	Corto circuito en terminales de bornera del motor	4	Ajustar terminales	2	40
	Tomar muestra Humedad producto prensado	Mala toma de muestra de producto prensado	Producto no conforme	3	Exceso de huesos en la muestra	5	Operador	1	15
	Regular entrada de líquido concentrado	Flujo de concentrado soluble mayor a 0,6 m ³ /30min	Harina mayor a 10% de humedad	5	Mucha apertura de válvula de globo	5	Operador	3	75
		Flujo de concentrado soluble menor a 0,3 m ³ /30min	Harina menor a 7% de humedad	5	Poca apertura de válvula de globo	5	Operador	3	75
	MP prensada desde TANQUES	Adicionar muchos con producto	Harina mayor a 10% de humedad	3	Intervalos cortos de volteo de tanques	5	Montacargas	3	45

Función del proceso	OPERACIÓN	Modo potencial de falla	Efecto de la falla	Sev.	Causa de la falla	Ocurrencia	Control de prevención de la falla	Detección	RPN
	PT fuera de especificación en TANQUES	Reprocesar tanques con producto fuera de especificación (más de 2 toneladas por hora)	Harina seca	4	Harina con baja humedad (2 a 6%)	5	Operador	4	80