

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Química y Textil



Trabajo de suficiencia profesional

**"Nuevas tecnologías para el aseguramiento de calidad en la industria de
harina y aceite de pescado"**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Químico.

Elaborado por

Marly Andrea Espinoza Robles

 [0009-0004-0166-1721](#)

Asesor

Dr.Ing Edgar Waldo Norabuena Meza

 [0000-0003-3921-931X](#)

TOMO I DE I

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Espinoza Robles [1]
Referencia/Reference	[1] M. Espinoza Robles, "Nuevas <i>tecnologías para el aseguramiento de calidad en la industria de harina y aceite de pescado</i> " [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Espinoza, 2024)
Referencia/Reference	Espinoza, M. (2024). <i>Nuevas tecnologías para el aseguramiento de calidad en la industria de harina y aceite de pescado</i> . [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a todas las personas e instancias que han sido fundamentales en mi camino hacia la culminación de este proyecto, especialmente a mi familia, cuya influencia continúan inspirándome y motivándome.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mis padres y familiares, a mi asesor de tesis, por su orientación experta y valiosas sugerencias.

También agradezco la colaboración de mis colegas y la comunidad académica de la Universidad nacional de ingeniería, que me brindo las bases y herramientas para desarrollarme profesionalmente y aportar a nuestro país con valores.

Agradezco a los profesionales que me brindaron la oportunidad de desarrollo en TASA y que siguen confiando en mí.

Finalmente, eternamente agradecida a mis equipos de trabajo, personas que lideré y que me enseñaron a ser una mejor líder día a día, siempre serán una parte importante en mi desarrollo personal y profesional.

Resumen

En el presente informe se evidencia el desarrollo de el bachiller Marly Espinoza Robles en el mundo corporativo, el bachiller pasó por diferentes áreas en la empresa Tecnológica de alimentos en la cual lleva 5 años siendo referente como profesional de la carrera de ingeniería química.

Dentro de las contribuciones más importantes en su última experiencia del bachiller fue romper el statu quo del uso de la tecnología Espectroscopia infrarroja cercana y ampliar el alcance de estos equipos que son activos de la compañía, maximizando el uso de estos equipos, llevándolos a su máximo potencial y obteniendo potencial ahorro en medio de un escenario de Fenómeno del niño que atravesó el sector pesca del Perú en el año 2023.

Palabras clave — Espectroscopia infrarroja cercana (NIR), Cadmio, Hierro, Pesca.

Abstract

This report shows the development of bachelor's Marly Espinoza Robles in the corporate world. The high school graduate went through different areas in the TASA company in which he has been a reference as a professional in the chemical engineering career for 5 years.

Among the most important contributions is her last work experience was breaking the status quo of the use of Near Infrared Spectrometry technology and expand the scope of this equipment that is assets of the company, maximizing the use of this equipment, bringing the equipment to its maximum potential and obtaining savings during El Niño phenomenon scenario that the fishing sector in Peru went through in 2023.

Keywords — Near infrared spectroscopy (NIR), Cadmium, Iron, Fishing industry

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract	vi
Capítulo I. Datos generales de la empresa donde laboró como bachiller.....	2
1.1 Actividad principal	2
1.2 Sector industrial al que pertenece	2
1.3 Línea(s) de Producto(s).....	2
1.4 Filosofía administrativa.....	2
1.5 Cultura organizacional.....	3
1.6 Organigrama funcional de la empresa.....	4
1.7 Normativa empresarial	5
1.8 Principios de calidad.....	5
1.9 Sistema de seguridad industrial.....	6
1.10 Gestión de impactos ambientales.....	8
Capítulo II. Cargos y funciones desarrolladas como bachiller.....	9
2.1 Contexto laboral	9
2.2 Descripción de cargos y funciones	9
2.3 Responsabilidades señaladas en el manual de organización y funciones. ...	9
2.4 Personal a su cargo y sus responsabilidades.....	10
2.5 Función ejecutiva y/o administrativa.....	11
2.6 Cronograma de realización de las actividades como bachiller.....	12
Capítulo III. La actividad técnica asignada y la formación profesional	13
3.1 Contexto laboral en el área de trabajo	14
3.1.1. Labores y tareas sobre el tema asignado.....	14

3.1.2.	Conocimientos técnicos de la carrera requeridos para el cumplimiento de tareas, labores, funciones, etc	15
3.1.3.	Participación en actividades complementarias	17
3.2	Hechos relevantes de la actividad técnica	18
3.2.1.	Descripción de la realidad problemática.....	17
3.2.2.	Definición del problema general y secundarios	19
3.2.3.	Justificación e importancia	20
3.2.4.	Antecedentes nacionales e internacionales	20
3.2.5.	Objetivo general y específicos	20
3.3	Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos.....	22
3.4	Propuesta y contribuciones de su formación profesional	31
3.4.1	Objetivos y justificación del uso de las técnicas propuestas.....	31
3.4.2.	Cálculos y determinaciones de indicadores de gestión para evaluar y monitorear la propuesta.....	31
3.4.3.	Análisis e interpretación de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución	37
3.4.4.	Evaluaciones y decisiones tomadas.....	38
3.4.5.	Informes, reportes, instructivos, fichas técnicas y formatos, presentados como resultado de la actividad realizada.....	47
	Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	48
4.1.	Contribuciones al desarrollo de la empresa	48
4.2	Impacto de la propuesta (Económico, tecnológico, ambiental).....	48
	Conclusiones.....	50
	Recomendaciones.....	51
	Referencias bibliográficas	52
	Anexos	1

Lista de Tablas

Tabla 1: Historial de puestos en TASA.....	12
Tabla 2: Cantidad de datos obtenido por parámetro	32
Tabla 3: Resumen estadístico de la lectura del parámetro Cadmio en NIR para muestras de harina de pescado	34
Tabla 4: Resumen estadístico de la lectura del parámetro Hierro en NIR para muestras de harina de pescado	35
Tabla 5: Valores del error absoluto medio (MAE) de los parámetros como indicadores de éxito	37
Tabla 6: Información de inversión para la implementación del método rápido de cuantificación de hierro y cadmio en harina de pescado	38
Tabla 7: Datos de producción de harina y reprocesada del año 2023	40
Tabla 8: Análisis económico de la implementación de determinación de Cadmio en Harina por método rápido usando NIR	41
Tabla 9: Análisis económico de la implementación de determinación de Hierro en Harina por método rápido usando NIR	44
Tabla 10: Resumen de documentos adjuntos que forman parte de la evidencia de la actividad realizada	47

Lista de Figuras

Figura 1: Organigrama de la alta dirección	4
Figura 2: Certificaciones de todos los negocios de TASA	5
Figura 3: Sistema de gestión de seguridad TASA	6
Figura 4: Jerarquía de control de riesgos TASA	7
Figura 5: Espectro electromagnético.....	22
Figura 6: Algunas bandas analíticas y posiciones relativos para absorciones en el espectro infrarrojo	24
Figura 7: Dibujo de equipo NIR Buchi	26
Figura 8: Espectro de una muestra conocida.....	27
Figura 9: Espectros (a) muestra en estado sólido. (a) muestra en solución acuosa	28
Figura 10: Espectros (a) muestra líquida, (b) muestra sólida, y el impacto del aire en la bandas	28
Figura 11: Espectros de una misma muestra a diferentes concentraciones de solvente. 29	
Figura 12: Espectros de una mezcla con agua y puro (a) con el impacto de la presencia de agua y (b) muestra pura	29
Figura 13: Flujograma de responsabilidades para la elaboración de una nueva curva NIR	30
Figura 14: Espectro NIR de harina de pescado, en el eje X tenemos la longitud de onda (nm) y en el eje Y tenemos la absorbancia.....	32
Figura 15: Distribución de los datos obtenidos para el parámetro Cadmio en Harina de pescado	33
Figura 16: Distribución de datos obtenidos para el parámetro Hierro en Harina de pescado	34
Figura 17: Comportamiento del valor real vs el valor predicho por NIR de Cadmio en harina	35
Figura 18: Comportamiento del valor real vs el valor predicho por NIR de Hierro en harina de pescado	36

Capítulo I. Datos generales de la empresa donde laboró como bachiller

1.1 Actividad principal

Tecnológica de Alimentos S.A es una empresa pesquera peruana que elabora ingredientes y alimentos marinos de alta calidad. Se fundo en el 2002 y es el mayor productor y exportador de harina y aceite crudo de pescado del mundo y uno de los principales proveedores de aceite refinado y concentrado de pescado Omega 3.

1.2 Sector industrial al que pertenece

TASA pertenece al sector pesca, dicho sector aporta anualmente entre 1.5% a 2% al PBI. (BCRP, 2023)

1.3 Línea(s) de Producto(s)

- Consumo humano directo: Pescado fresco y congelados
- Consumo humano indirecto: Harina de pescado y aceite crudo de pescado
- Aceite refinado y concentrado de pescado.

1.4 Filosofía administrativa

- Visión: Ser reconocidos como una empresa líder, confiable y de clase mundial, por sus niveles de calidad, eficiencia, seguridad y protección ambiental.
- Misión: Brindar a nuestros clientes alimentos pesqueros de más alta calidad en armonía con la comunicad y el medio ambiente.
- Valores:
 - Seguridad y sostenibilidad
 - Enfoque en las personas
 - Resultados extraordinarios y Operación excelente

- Trabajo en equipo
- Políticas:

Se cuenta con 10 políticas que son los pilares de la gestión corporativa, entre ellos tenemos a la Política de seguridad y salud en el trabajo, política de residuos, política de calidad e inocuidad y política de gestión que detalla lo siguiente:

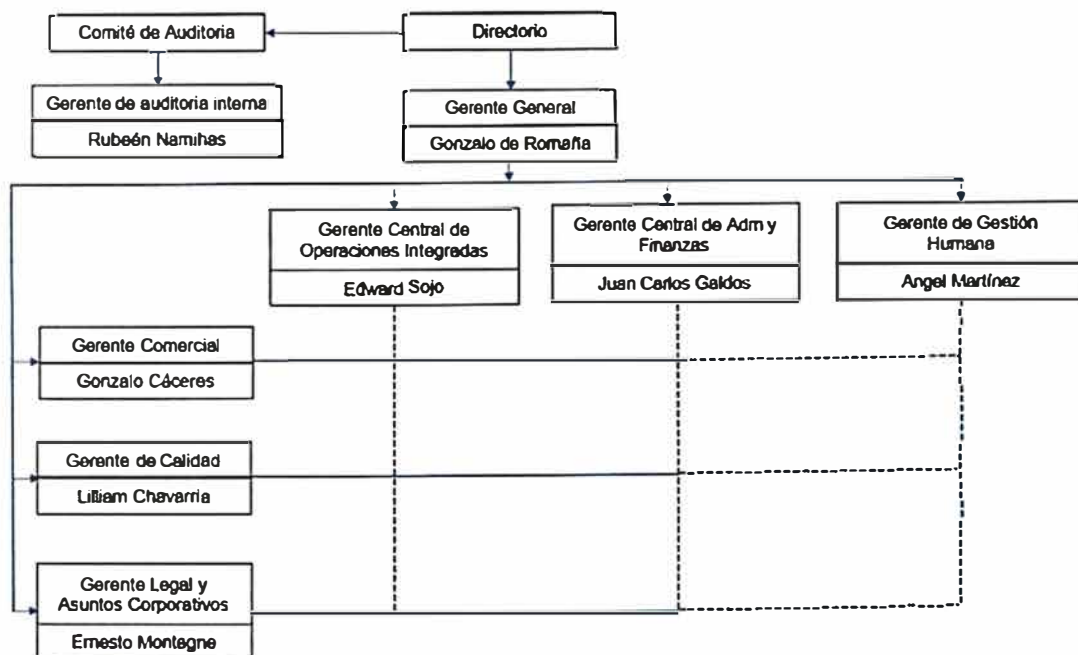
- Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes.
- Brindar productos inocuos y servicios de alta calidad.
- Actuar como una empresa sostenible y responsable con sus recursos naturales y partes interesadas pertinentes.
- Promover la participación, consulta y desarrollo integral del personal
- Evitar la discriminación, abuso laboral, trabajo infantil y otras violaciones a los derechos humanos.
- Prevenir la contaminación ambiental, la ocurrencia de lesiones, enfermedades y actividades ilícitas, corrupción y soborno.
- Cumplir con las regulaciones, normativas y compromisos aplicables al sector.
- Mejorar e innovar continuamente productos, procesos, servicios y tecnología.

1.5 Cultura organizacional.

La cultura organizacional de TASA se basa en la integridad y en sus cuatro valores antes mencionados. Como ejemplo de integridad TASA ha sido reconocida por Merco en el 2023 como la empresa N°1 en reputación del sector pesquero y en el 2022 fue reconocida en creatividad empresarial como ejemplo de sus valores de resultados extraordinarios y operación excelente.

1.6 Organigrama funcional de la empresa

Figura 1 Organigrama de la alta dirección



Nota: Fuente recursos humanos TASA

1.7 Normativa empresarial.

Figura 2

Resumen de las certificaciones de todas las unidades de negocios de TASA

Certificaciones	Pesca	Plantas HYAP	Planta Omega	Planta de congelados
Sistema de gestión ambiental ISO 14001		✓	✓	
Sistema de Gestión de Seguridad y salud ocupacional ISO 45001		✓	✓	
Alianza Empresarial para el Comercio seguro BASC	✓	✓	✓	✓
Buenas prácticas de manufactura GMP+B2		✓		
Análisis de riesgos y puntos críticos de control HACCP			✓	✓
Estandar global para el abastecimiento Responsable de Materia prima Marin trust		✓		
Certificación de garantía para el mercado Musulmán HALAL		✓	✓	
Certificación de producto de pesca y acuicultura sostenible FOS	✓	✓	✓	
Marin trust COC (Cadena de custodia)		✓	✓	

Nota: Fuente web TASA

1.8 Principios de calidad

Principios para el logro de calidad: Se cuentan con dos principios que apalancan las operaciones y la alta calidad de los productos, el primero es siguiendo el principio de calidad que es proveer ingredientes marinos inocuos y de alta calidad cumpliendo la regulación local e internacional vigente, asegurando la trazabilidad de todos nuestros productos y buscando continuamente la eliminación de los defectos de calidad a través de la mejora continua de sus procesos y el compromiso de nuestros colaboradores. El segundo principio es la filosofía Lean en las operaciones a través del desarrollo de Lean Manufacturing que tiene como propósito en la compañía de reducir pérdidas/desperdicios y crear capacidades en las personas.

1.9 Sistema de seguridad industrial

En TASA el sistema de gestión de seguridad se basa en la siguiente pirámide, donde la misión y visión de la compañía tiene presente la cultura de seguridad.

Figura 3

Sistema de gestión de seguridad TASA



Nota: Fuente SSOMA TASA

En TASA se cuenta con políticas que son el segundo nivel de sistema de seguridad industrial:

- Política de seguridad y salud en el trabajo
- Política de suspensión de tareas
- Política de gestión
- Política de residuos
- Política de cumplimiento
- Política de diversidad e inclusión
- Política de derechos humanos

Asimismo, se tiene un reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo el cual tiene como objetivos:

- Garantizar las condiciones de seguridad y salvaguardar la vida, integridad física y el bienestar de los trabajadores, mediante la prevención de los accidentes de trabajo, incidentes y enfermedades ocupacionales.
- Promover una cultura de prevención de riesgos laborales en los trabajadores, contratistas, subcontratistas, proveedores y todos aquellos que mantengan una relación con TASA, con el fin de garantizar las condiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.
- Promover la mejora continua de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, a fin de prevenir daños a la salud, a las instalaciones o a los procesos, en las diferentes actividades ejecutadas, facilitando la identificación de los riesgos existentes, su evaluación, control y corrección.

Figura 4

Jerarquía de control de riesgos TASA



Nota: Fuente SSOMA TASA

1.10 Gestión de impactos ambientales

En TASA, el principal valor cultural de la compañía es asegurar la sostenibilidad y este hace referencia principalmente al recurso Anchoveta, por eso que desde el año 2008 el sector respeta la Ley de cuotas, en la que se establece un límite de captura de pesca que se dan en 2 temporadas durante un año luego de un exhaustivo análisis realizado por IMARPE de la biomasa.

Adicionalmente TASA establece auto vedas en las zonas de pesca donde no se cumple el límite mínimo de talla del pescado.

En el proceso de elaboración de harina y aceite de pescado se usa agua de mar para el transporte del mar a tierra, esta agua es tratada para ser enviada de regreso al mar, esta debe cumplir los límites máximos permisibles.

Por último, como parte de responsabilidad social-ambiental, se cuenta con un programa de limpieza de playas en todos los puertos donde existe una planta de TASA.

Capítulo II. Cargos y funciones desarrolladas como bachiller

2.1 Contexto laboral

El bachiller realizó prácticas preprofesionales en la empresa COMACSA ubicada en Lima por un periodo de 6 meses en el 2018 y luego realizó su carrera profesional en TASA hasta el momento, empresa en la que está plasmada su experiencia en este informe.

2.2 Descripción de cargos y funciones

En TASA, la bachiller inició su carrera en el 2019 como Ingeniera Trainee de Calidad, en el 2020 hasta mediados de Setiembre asumió la posición de Analista de la Gerencia de Calidad, luego desde Octubre del 2020 hasta Enero 2022 asumió la posición de Jefa de Turno de Calidad entre las Plantas ubicadas en Chimbote y Callao, luego asumió la posición de Jefa de turno de producción en planta Chimbote, desde Febrero 2022 hasta Octubre 2022, siendo la última posición Coordinadora de investigación y desarrollo hasta la actualidad.

2.3 Responsabilidades señaladas en el manual de organización y funciones.

- a. Ingeniera trainee de calidad: Presentar 5 proyectos e informes, implementar 1 proyecto dentro en 1 año de pasantía.
- b. Analista de la gerencia de calidad: Soporte en la gestión de iniciativas de la gerencia de calidad y coliderar 1 proyecto.
- c. Jefa de turno de calidad: Responsable de 1 turno para el control y aseguramiento de Calidad. Gestionar y mantener en verde indicadores Lean, asegurar el cumplimiento de las BPM. Programar actividades a los analistas de calidad.
- d. Jefa de turno de producción: Responsable de 1 turno del plan de producción. Responsable del cumplimiento de indicadores de seguridad, Lean y productividad. Programar actividades de mantenimiento y limpieza de planta.

e. Coordinadora de investigación y desarrollo: responsable del laboratorio instrumental, responsable de liderar proyectos e iniciativas con retorno de dinero. Investigar e implementar nuevas tecnologías para el control de proceso. Implementar nuevos métodos analíticos para productos en desarrollo y validar nuevos productos.

2.4 Personal a su cargo y sus responsabilidades.

a. Ingeniera trainee de calidad – Sin personas a cargo.

Durante la pasantía por las diferentes áreas de la compañía se presentaron informes de diagnóstico, oportunidades de mejora y propuestas de cambio. Proponer 5 proyectos de entre las áreas de Calidad y producción e implementar 1 proyecto durante la pasantía, el bachiller presentó un proyecto para reducir el parámetro de calidad Ranitidina en el aceite secundario de pescado.

b. Analista de la gerencia de calidad – Sin personas a cargo.

Ejecutar las iniciativas de la gerencia de calidad, optimización de análisis de calidad y transferencia de análisis a los operadores. Coliderar el proyecto "Optimización de descarga de pescado".

c. Jefa de turno de calidad – 10 personas (Analistas de calidad) a cargo.

Liderar a los analistas de calidad de un turno que realizan el control de proceso, realizar auditorías de aseguramiento de calidad, programar actividades de los analistas, liderar auditorías de Sanipes, GMP B2+, Lean, gestión de insumos químicos fiscalizados y soporte al área operativa en proyectos de mejora.

d. Jefa de turno de producción – 30 personas (Operadores) a cargo.

Liderar a operadores de producción, dar arranque de planta y ejecutar el plan de producción. Controlar las variables de calidad y operación para asegurar la reducción de defectos y mermas. Control y seguimiento de los indicadores de calidad, operación, OEE, rendimientos y de seguridad. Implementar herramientas de lean manufacturing y auditar a operadores el avance.

e. Coordinadora de investigación y desarrollo – 6 personas (Analistas instrumentales) a cargo. Proponer y ejecutar el uso de nuevas tecnologías NIR para el control de proceso, soporte en la optimización de procesos, Liderar proyectos con retorno de más de 100K USD. Implementar nuevos métodos de análisis para nuevos productos nicho. Validar nuevos productos y su estudio de vida útil.

2.5 Función ejecutiva y/o administrativa.

Coordinadora de investigación y desarrollo

- Participación en comité frente a Gerente de Calidad y Gerencia general.
- Sustentación de business case para sustentar inversiones de nuevas tecnologías.
- Diseño y ejecución de presupuesto.
- Elaborar informes de creación de nuevas curvas en equipo NIR y captura de valor.
- Presentación y seguimiento de indicadores de confiabilidad de resultados de equipos NIR.
- Creación de contratos marco para reducir costos logísticos de análisis de muestras en laboratorios externos y traslado logístico de muestras de productos.
- Planificación y seguimiento de actividades del laboratorio instrumental.
- Realizar análisis de información y toma de decisiones de proyectos con capturas de valor.

2.6 Cronograma de realización de las actividades como bachiller.

Tabla 1

Historial de posiciones del bachiller en TASA durante 5 años.

<i>Organización</i>	<i>Posición</i>	<i>Periodo</i>	
		<i>desde</i>	<i>hasta</i>
COMACSA S. A	<i>Practicante de producción</i>	Abr-18	Oct-18
TASA S. A	<i>Ingeniera trainee de calidad</i>	Ene-19	Ene-20
TASA S. A	<i>Analistas de la gerencia de calidad</i>	Feb-20	Set-20
TASA S. A	<i>Jefa de turno de calidad</i>	Oct-20	Ene-22
TASA S. A	<i>Jefa de turno de producción</i>	Feb-22	Oct-22
TASA S. A	<i>Coordinadora de investigación y desarrollo</i>	Nov-22	Actualidad

En el Anexo 1 se evidencia la constancia de trabajo.

Capítulo III. La actividad técnica asignada y la formación profesional

El proceso de elaboración de harina y aceite de pescado inicia con la llegada de la embarcación pesquera cargada de pescado a la costa y con la activación del subproceso de descarga en donde se hace uso de un artefacto naval llamado "Chata", para realizar el envío del pescado hacia la planta se hace uso de agua de mar como medio de transporte. El próximo subproceso es el de recepción y almacenamiento, el pescado al llegar a la planta es separado del agua de mar mediante unos equipos de tipo filtro rotativos, luego de almacena en pozas según el criterio de frescura, esta información sirve como input para iniciar el proceso de cocción maximizando la calidad de harina a producirse. En el siguiente subproceso se realiza la cocción y el prensado del pescado, en esta etapa separamos los líquidos que son procesados usando separadoras y centrifugas para la obtención del aceite crudo de pescado. La fase acuosa que se separa del aceite es concentrada en un evaporador de 3 efectos que concentra entre 37° – 40° brix para luego añadirse el proceso principal antes del ingreso a la primera etapa de secado.

Retornando al proceso principal, luego de separar los líquidos y sólidos en la prensa, los sólidos son secados en tres etapas, el producto al finalizar las tres etapas de secado se llama Scrap que tiene una humedad entre 7% a 8%, luego se procede a enfriar pues el producto llegó a temperaturas elevadas como consecuencia del secado, se realiza una molienda para reducir tamaño de partícula pues este debe pasar la malla N°8 ASTM al 98%, desde este punto del proceso el producto ya es llamado harina, finalmente se procede a añadir antioxidante para evitar la oxidación de la grasa y se envasa en sacos de 50 kg.

En cada una de las etapas se realiza el control de los parámetros críticos para la operación y calidad.

3.1 Contexto laboral en el área de trabajo

3.1.1. *Labores y tareas sobre el tema asignado*

Actividad 1

- Ejecutar el plan de producción y reproceso, verificar el stock de los insumos críticos en planta.
- Verificar dosificación de insumos al proceso y cumplimiento de receta.
- Liderar charlas de 5 minutos para concientizar sobre la importancia de la seguridad industrial y ocupacional.
- Capacitar sobre el proceso de elaboración de harina y aceite de pescado, modelo Lean TASA
- Realizar auditorías de seguridad, 5'S, Análisis de trabajo seguro y Permisos de trabajo seguro.
- Analizar, autorizar, supervisar trabajos de alto riesgo.
- Seguimiento del plan de mantenimiento y al indicador "Curva S".
- Evaluación de desempeño a operadores y planteamiento de planes de acción y/o desarrollo.
- Realizar balance de masa del batch.
- Soporte en la implementación Lean TASA.

Actividad 2

- Verificar certificados de calidad de insumos críticos y liberarlos en SAP para el uso durante el proceso.
- Liderar auditoría frente a la autoridad SANIPES.
- Liderar las auditorías de recertificación de GMP B2+, Marin trust realizada por SGS.
- Realizar trazabilidad de aceite y harina para los clientes.

- Verificar la confiabilidad de resultados fisicoquímicos del control de proceso durante la producción.
- Evaluar R&R de analistas de calidad y planificar medidas correctivas.
- Capacitar a los auxiliares temporales de calidad sobre el proceso de harina y aceite de pescado, las marchas analíticas y el reporte de información en SAP y otras plataformas.

Actividad 3

- Creación de curvas NIR para determinar hierro y cadmio en harina de pescado.
- Elaboración de presupuesto 2024 OPEX y Capex del laboratorio instrumental.
- Evaluación de costo/beneficio (business case) de inversiones en nuevas tecnologías para el control de proceso y caracterización de harina de pescado.
- Participación del proyecto de lavado de harina de pescado con color No conforme.
- Creación de Nuevos métodos analíticos para la determinación de proteína, proteína soluble en harina de pescado.

3.1.2. Conocimientos técnicos de la carrera requeridos para el cumplimiento de tareas, labores, funciones, etc.

- Balance de masa y energía: Usado para los cálculos de resultados de los parámetros de calidad durante y al finalizar el batch de producción de harina.
- Costos y presupuestos: Importante tener la base de este curso de pregrado para hacer el control presupuestal que el laboratorio de investigación y desarrollo tiene asignado o cualquier otra área que tenga asignado presupuesto.

- Seguridad industrial: Conocimiento indispensable para evitar accidentes o pérdidas humanas y materiales. Además, el curso brinda conocimientos para realizar la investigación de incidentes y/o accidentes.

- Programación digital: Indispensable tener como base los conocimientos en base de datos para poder profundizar en Power BI y otros softwares como R studio y SQL.

- Estadística y diseño de experimentos: Es requerido para analizar las gráficas de control, análisis exploratorio de datos e interpretación de indicadores. También indispensable para realizar los desarrollos en la Tecnología NIR

- Análisis químico cualitativo/cuantitativo: Conocimientos fundamentales para realizar los análisis en el laboratorio de control de calidad como determinación de bases nitrogenadas volátiles, perfil de ácidos grasos, humedad, cenizas, cloruros, etc.

- Industria de los procesos químicos: Conocimiento básico para interpretar e interiorizar nuevos procesos para la elaboración de nuevos ingredientes marinos.

- Operaciones en ingeniería química: Se requiere de conocimientos de las operaciones unitarias y sus principios para poner en marcha una planta de harina de pescado y entender los parámetros de operación.

- Instrumentos de control: Se requiere de este conocimiento para recomendar las mejoras en los PLC y poder liderar las mejoras en el control de proceso.

- Gestión tecnológica y empresarial: Se necesita este conocimiento para realizar el value stream mapping de cualquier área y diseñar los indicadores claves de un área y/o proceso.

Otros conocimientos importantes requeridos:

- Programa Data Citizen TASA, desarrollado en el 2020 siendo la segunda promoción y perfeccionándolo en el 2021. Es necesario tener esta competencia, manejar software como Power BI, SQL, R studio. Cada minuto las empresas genera datos que necesitan ser transformados en información valiosa, sea información de proceso, estrategia, etc que le ayudarán a la empresa y egresado a tomar mejores decisiones. Se

recomienda al egresado llevar algún curso o especialización sobre este ítem.

- Especialización en BPM y HACCP para la industria alimentaria, desarrollado entre febrero y marzo del 2018 en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Es indispensable conocer sobre normativas y las mejores prácticas para garantizar un alimento inocuo, este curso también brinda criterios para desarrollarse como auditor en la industria alimentaria.

- Programa de certificación en liderazgo para mujeres llevado en CENTRUM de la Pontificia Universidad Católica del Perú con un total de 44 horas. Una de las habilidades más reconocidas en los trabajos es la inteligencia emocional para afrontar situaciones de incertidumbre y tomar decisiones en el momento oportuno, además de comunicar efectivamente y desarrollar a las personas a cargo, este curso direccionado a mujeres que tienen cargos de liderazgo brinda las bases para desarrollar lo antes mencionado.

3.1.3. Participación en actividades complementarias.

Voluntariado "Aprendo con TASA", busca el desarrollo de los hijos de los colaboradores de la compañía en edad escolar, se brindan asesorías fuera del horario laboral y con eso aportamos al desarrollo de las futuras generaciones.

En el anexo 4 se adjunta la constancia de participación del bachiller en "Aprendo con TASA"

- Data citizen TASA, participación del entrenamiento de herramientas de análisis de datos (SQL, R, POWER BI) y ejecución de un proyecto aplicado donde el bachiller resultó ganadora "Desvigrasa" que tuvo como objetivo alertar las desviaciones de grasa en la formación del Keke integral según lo leído por el equipo NIR en el laboratorio para que se tome acción de corrección.

En el anexo 4 se adjunta la constancia de participación del bachiller y primer puesto con el proyecto "Desvigrasa"

3.2 Hechos relevantes de la actividad técnica.

3.2.1. *Descripción de la realidad problemática.*

El mar es una fuente de riquezas biológicas para los humanos como los peces, sin embargo, también existen contaminantes como los metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y arsénico que actualmente forman parte de la cadena alimenticia, ya sea proveniente de desechos de pilas o baterías, desechos industriales textiles, efluentes de minas y que son bioacumulables en los seres vivos, una cantidad de estos metales que excedan los límites máximos permisibles pueden ser tóxicos para los animales y seres humanos.

Los principales consumidores en el mundo de harina de pescado son China y la Unión Europea, ambas potencias tienen exigencias sobre los límites máximos de contaminantes para el ingreso de harina a sus estados. Asimismo, dentro de las exigencias de consumir alimentos inocuos y menos nocivos para la salud pública, estos países han incrementado la compra de harina de pescado estabilizada con antioxidantes alternativos como BHT y tocoferoles.

Desde el año 2013 la Unión Europea estableció como límite máximo de concentración de cadmio en alimentos de origen animal, como lo es la harina de pescado, menor a 2 ppm para todo producto que ingrese a ser comercializado y consumido en dicho conglomerado de países.

En el sector pesquero peruano no se contempla un seguimiento dentro del control de proceso los valores de concentración de cadmio por ser un análisis químico de alto valor económico para los tonelajes producidos y exportados, las exportaciones ascienden a 5,190 miles de toneladas de harina de pescado a nivel Perú (Banco central de reserva del Peru, 2023) .Normalmente se hace un seguimiento semestral a un grupo de lotes de harina para conocer el estado de las concentraciones de diversos contaminantes, por lo que obtener los valores de Cadmio en la harina de pescado de todos los lotes brinda una ventaja competitiva en el aseguramiento de calidad.

Otro reto en la industria de harina de pescado es la obtener la óptima estabilización de la harina al usar de antioxidantes alternativos como BHT y tocoferoles, pues el contenido de hierro, las temperaturas elevadas a la que se seca la harina y los valores elevados de grasa pueden impactar negativamente en el resultado final y generar producto no conforme. Dentro de la ecuación de estabilización es importante conocer el valor de hierro en la harina, este catalizador de la reacción de estabilización de los ácidos grasos

3.2.2. Definición del problema general y secundarios.

El método de determinación de cadmio y hierro en una sustancia es mediante espectrometría de masa, este análisis dentro del sector es tercerizado con un laboratorio externo, lo que conlleva un gasto extra asociado a análisis.

Debido a los cambios que han surgido en el nivel de contaminación del mar y el incremento de incidencias de Cadmio en harina en el último año, actualmente la harina de pescado que es exportada debe contar con resultados de cadmio aceptables y se realiza por lote producido incrementando los gastos asociados.

El Cadmio es un metal pesado, tóxico para el riñón, especialmente para las células tubulares proximales, donde se acumula con el tiempo y ocasiona disfunciones renales. (Diario oficial de la Unión Europea, 2021)

Respecto al hierro, este metal está presente en el coagulante que se usa para recuperar sólidos del agua de mar, una cantidad de hierro elevada en la harina ocasiona desequilibrio en el proceso de estabilización de los antioxidantes alternativos como lo es el BHT y Tocoferoles. El hierro funciona como un catalizador en la reacción de estabilización de la grasa que contiene la harina y el antioxidante usado, cuando la reacción de estabilización esta fuera de control genera radicales que hacen que la harina combustione y cambie de color a No Conforme, esto incrementa los tonelajes de producto no conforme generando pérdidas por costos de reproceso e incumplimiento en las exportaciones.

3.2.3. Justificación e importancia

La importancia de este trabajo radica en mostrar la forma de obtener y determinar los valores de estos parámetros, Cadmio y Hierro en la harina de pescado a bajo costo para poder tomar decisiones estratégicas y sobre todo asegurar la inocuidad de los alimentos en la cadena alimentaria.

3.2.4. Antecedentes nacionales e internacionales

El uso de tecnología NIR se usa hace más de 10 años en la industria pesquera peruana, en TASA ha sido direccionado para determinar componentes orgánicos como TVBN¹, Grasa, Humedad, Histamina, Acidez etc., que contienen los siguientes enlaces: -CH₂-, -NH-, -OH y -SH pues esta tecnología es especialmente sensible para estos grupos funcionales.

3.2.5. Objetivo general y específicos

Objetivo general

- Proponer una solución rápida de tipo cuantitativo para los niveles de Cadmio y Hierro en el producto marino Harina de pescado a un bajo costo haciendo uso de tecnología espectroscopía infrarroja cercana.
- Proponer nuevas aplicaciones de la tecnología espectroscopía infrarroja cercana en la industria de pesquera.

Objetivos específicos

- Determinar la viabilidad de la implementación de un nuevo uso del equipo NIR que se tienen en todas las plantas de TASA.
- Evaluar económicamente la viabilidad de la implementación de nuevas curvas en equipo de espectroscopía infrarroja cercana para medir nuevos parámetros como cadmio y hierro en harina de pescado.

- Evaluar económicamente la implementación de un nuevo equipo NIR.

¹ TVBN: Total de bases nitrogenadas volátiles

3.3 Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos

Para entrar en contexto, se explicará en que consiste la tecnología de espectroscopia NIR.

Es importante iniciar con detallar el concepto de Espectroscopia:

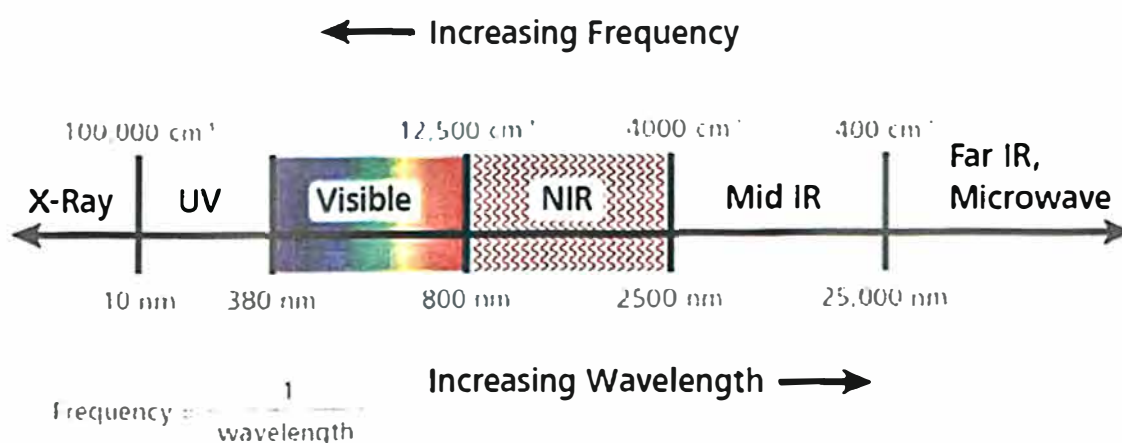
Espectroscopia es una técnica que mide la interacción de la radiación electromagnética con una sustancia, nos basamos en que la diferencia energética entre la radiación de ingreso es diferente a la radiación de salida. La interacción va a depender de la naturaleza de las características químicas, físicas de la materia y la intensidad de radiación a usar.

La espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR) realiza el análisis de la interacción entre la luz y la materia presente en una muestra.

La longitud de onda de la luz está inversamente correlacionada con su energía, es decir, si la longitud de onda es mayor, menor es la energía. A continuación se muestra en la Figura 5 el espectro electromagnético.

Figura 5

Espectro electromagnético



Nota: fuente Metrohm. Notamos el rango de frecuencia y longitud de onda donde se mueve el espectro infrarrojo cercano.

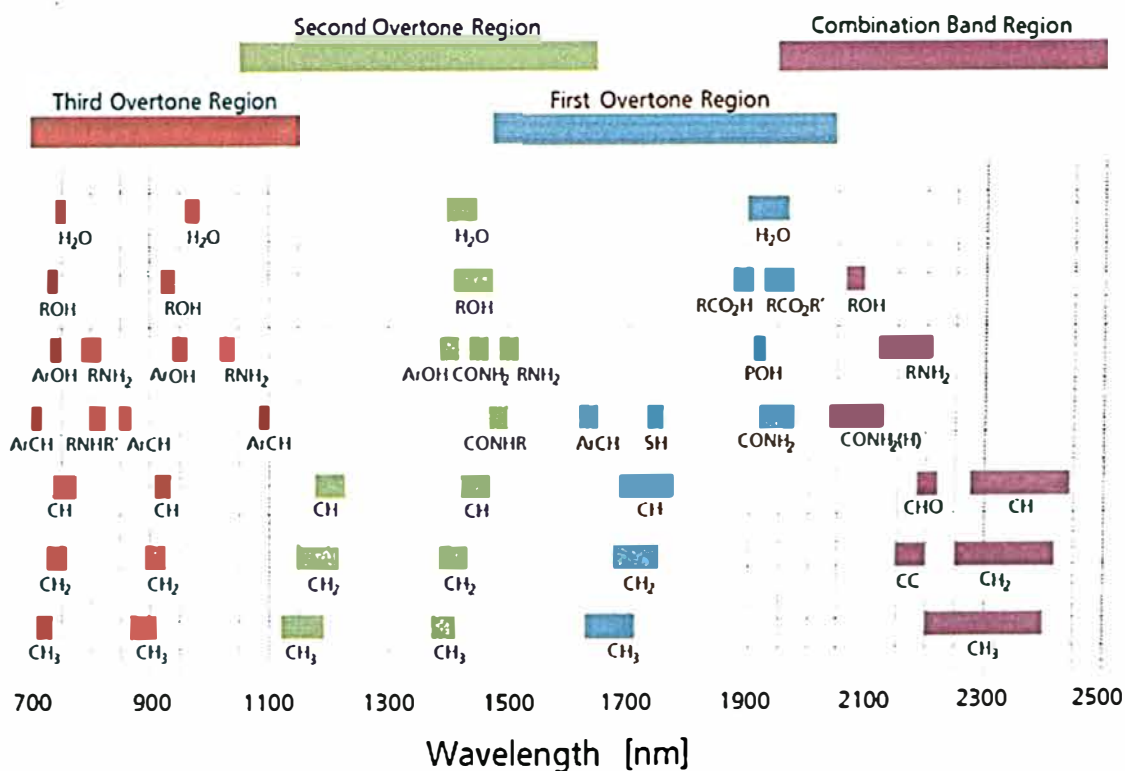
La región NIR, como podemos observar en la figura 5, es el área del espectro definida por longitudes de onda entre 700 nm y 2500 nm. NIR un método de análisis rápido

y preciso, muy recomendado para la determinación cuantitativa de los componentes o parámetros principales en la mayoría de los tipos de productos alimentarios.

En el espectro electromagnético, la luz en la región infrarroja provoca vibraciones en ciertas partes de las moléculas que contienen los grupos funcionales de la figura 6.

Figura 6

Algunas bandas analíticas y posiciones relativas para absorciones en el espectro infrarrojo



Nota: fuente Metrohm

Las ventajas generales de utilizar el análisis por espectroscopia infrarroja cercana NIR es que proporciona datos e información inmediata para una mejor toma de decisiones en los procesos de producción. La medición está disponible y es viable para muestras que pueden ser líquidos transparentes hasta pastas y polvos opacos. .

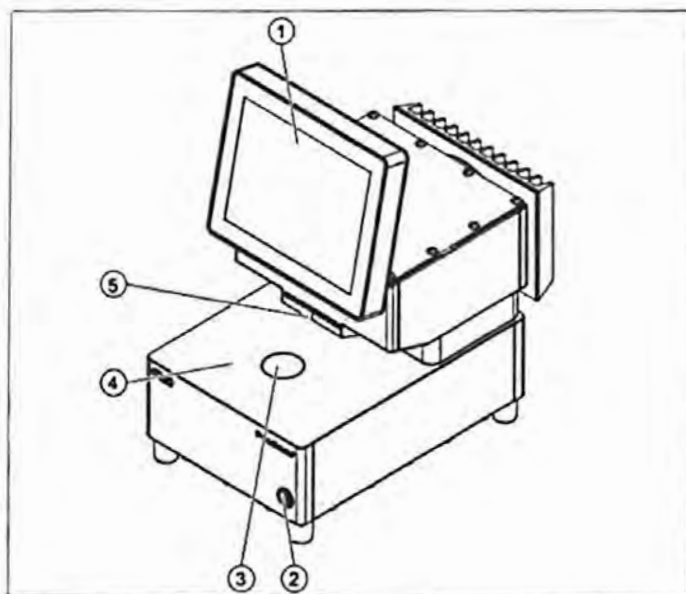
En comparación con los métodos de análisis tradicionales, es decir, que se necesita preparación de la muestra, productos químicos y consumibles para el análisis, este método no necesita de estos insumos y ni tratamientos previos. Además, es un método no destructivo, robusto, sencillo de usar, rápido (30-60 segundos), seguro y sobre todo preciso. Podría decirse que es un método rápido de cuantificación de parámetros o características de un material.

Principio de funcionamiento

1. Generación de radiación: El equipo emite una fuente de luz en la región del infrarrojo cercano.
2. Interacción con la muestra: La luz NIR emitida incide sobre la muestra o material que se desea analizar. Al interactuar con la muestra, parte de esta luz se absorbe, parte se refleja y parte se dispersa. La cantidad de luz absorbida y la forma en que se dispersa y refleja dependen de la composición y estructura de la muestra.
3. Detector: El equipo NIR cuenta con un detector que mide la cantidad de luz que ha atravesado la muestra y regresa al instrumento. La intensidad de la luz detectada se convierte en una señal eléctrica.
4. Espectroscopia: La señal eléctrica se convierte en un espectro NIR. Este espectro representa cómo varía la intensidad de luz en función de la longitud de onda en la región del infrarrojo cercano. En este punto, las modificaciones espectrales se convierten en información única sobre la composición de la muestra.
5. Análisis de datos: Los equipos NIR utilizan técnicas de análisis de datos, como la calibración multivariable, para comparar el espectro NIR de la muestra con espectros de referencia de muestras de composición conocida. Esto permite determinar la composición o características de la muestra como la concentración de ciertos componentes químicos.

Figura 7

Dibujo de equipo NIR Buchi



Leyenda

- 1: Panel de control
- 2: Interruptor principal de encendido/apagado
- 3: Ventanilla de vista superior
- 4: Área de presentación de la muestra
- 5: Ventanilla de vista inferior

Nota: Fuente Manual de usuario (Buchi, 2023)

Para fines pedagógicos, en la Figura 7 vemos como es un equipo NIR en este caso es de la marca BUCHI, sin embargo en el mercado encontramos diferentes marcas como FOSS, Metrohm, Perten, etc. En la figura 7 se muestra las principales partes del equipo que tiene contacto con el usuario.

En TASA se ha desarrollado más de 20 parámetros que son leídos por el equipo NIR para productos en proceso y producto final, esto nos genera un ahorro considerable al reducir los análisis fisicoquímicos. Actualmente se viene trabajando nuevas curvas que tienen impacto directo en la reducción de producto no conforme y anticiparnos al tratamiento de defectos que posee la materia prima.

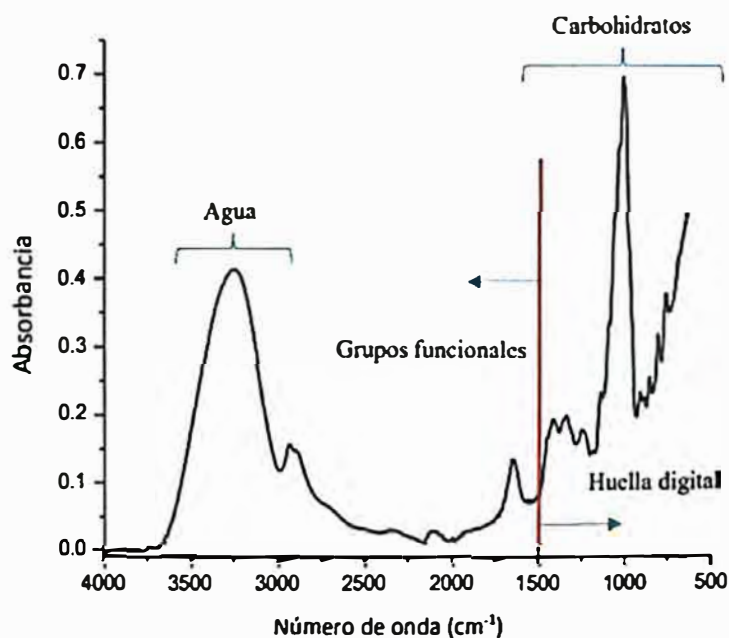
En la figura 8 podemos ver el flujograma general que resumen el sistema de gestión de implementación de un nuevo parámetro via NIR en TASA para el negocio de Harina de Pescado. Para los otros productos marinos los nuevos parámetros son gestionado directamente con la coordinadora de investigación y desarrollo, dentro del área de Investigación y desarrollo.

Interpretación de espectros infrarrojos

El resultado de analizar por espectroscopia NIR es dado por un espectro que contiene información de la sustancia, en la figura 8 notamos zonas de trabajo y picos de absorción, a partir de 1500 cm^{-1} hasta 500 cm^{-1} tenemos la zona de la huella digital de la sustancia al provenir de estructuras o grupos únicos de moléculas, donde en el ejemplo vemos que la sustancia es rica en carbohidratos. La zona de 4000 cm^{-1} hasta 1500 cm^{-1} los picos provienen de vibraciones de enlaces presentes en la estructura consideradas como grupo funcionales, en el rango de 3500 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} normalmente ubicamos enlaces con uniones simples al elemento Hidrogeno (O-H, N-H, C-H).

Figura 8

Espectro de un compuesto conocido

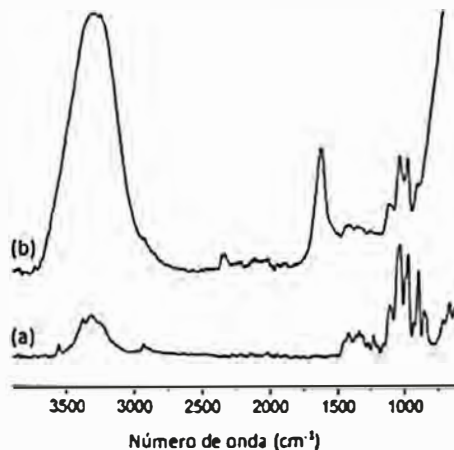


Factores que afectan a los resultados de espectros:

- Forma física de la muestra: En la figura 9 notamos la banda asociada a agua de la muestra en solución acuosa y en el otro espectro se observa los picos de la muestra en forma de polvo fino, el espectro de la solución acuosa hace que los picos de la zona de huella digital no se diferencien adecuadamente.

Figura 9

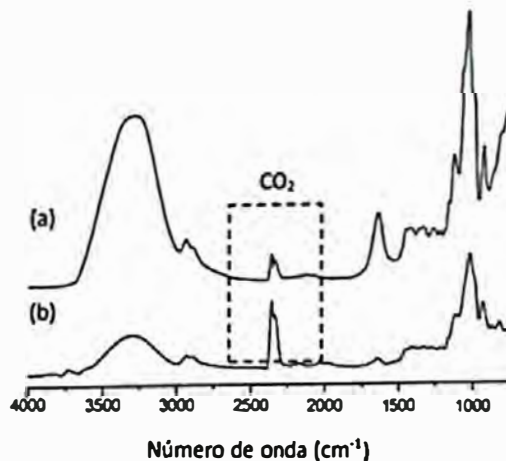
Espectros (a) muestra en estado sólido. (a) muestra en solución acuosa



- Interferencia del aire en la muestra: Si la muestra no fue asentada adecuadamente en el accesorio de lectura, los espacios de aire pueden generar interferencias, dando picos principales de CO₂. La probabilidad de tener interferencia por atrapamiento de aire mejora cuando tenemos muestras líquidas.

Figura 10

Espectros (a) muestra líquida, (b) muestra sólida, y el impacto del aire en las bandas.



- Interferencia del solvente en un espectro: Conforme tengamos una solución más diluida en un solvente, observar los picos de absorción de la zona de huella digital se hace más complicado que una solución de mayor concentración.

Figura 11

Espectros de una misma muestra a diferentes concentraciones de solvente.

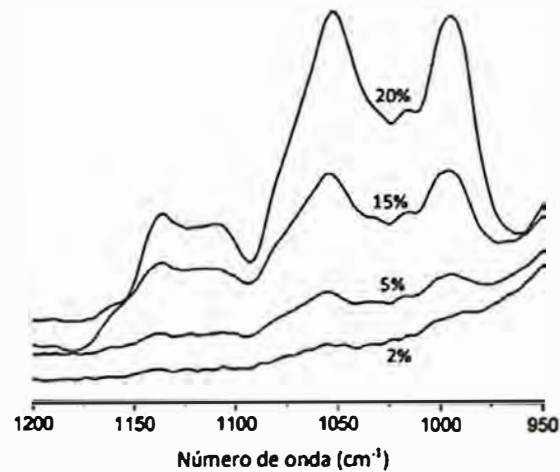


Figura 12

Espectros de una mezcla con agua y puro (a) con el impacto de la presencia de agua y (b) muestra pura

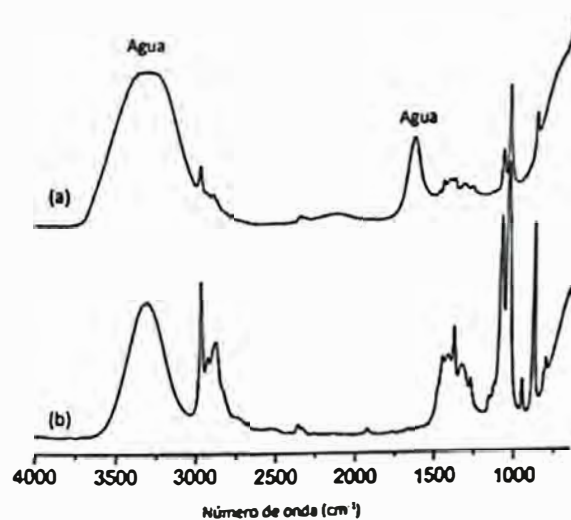
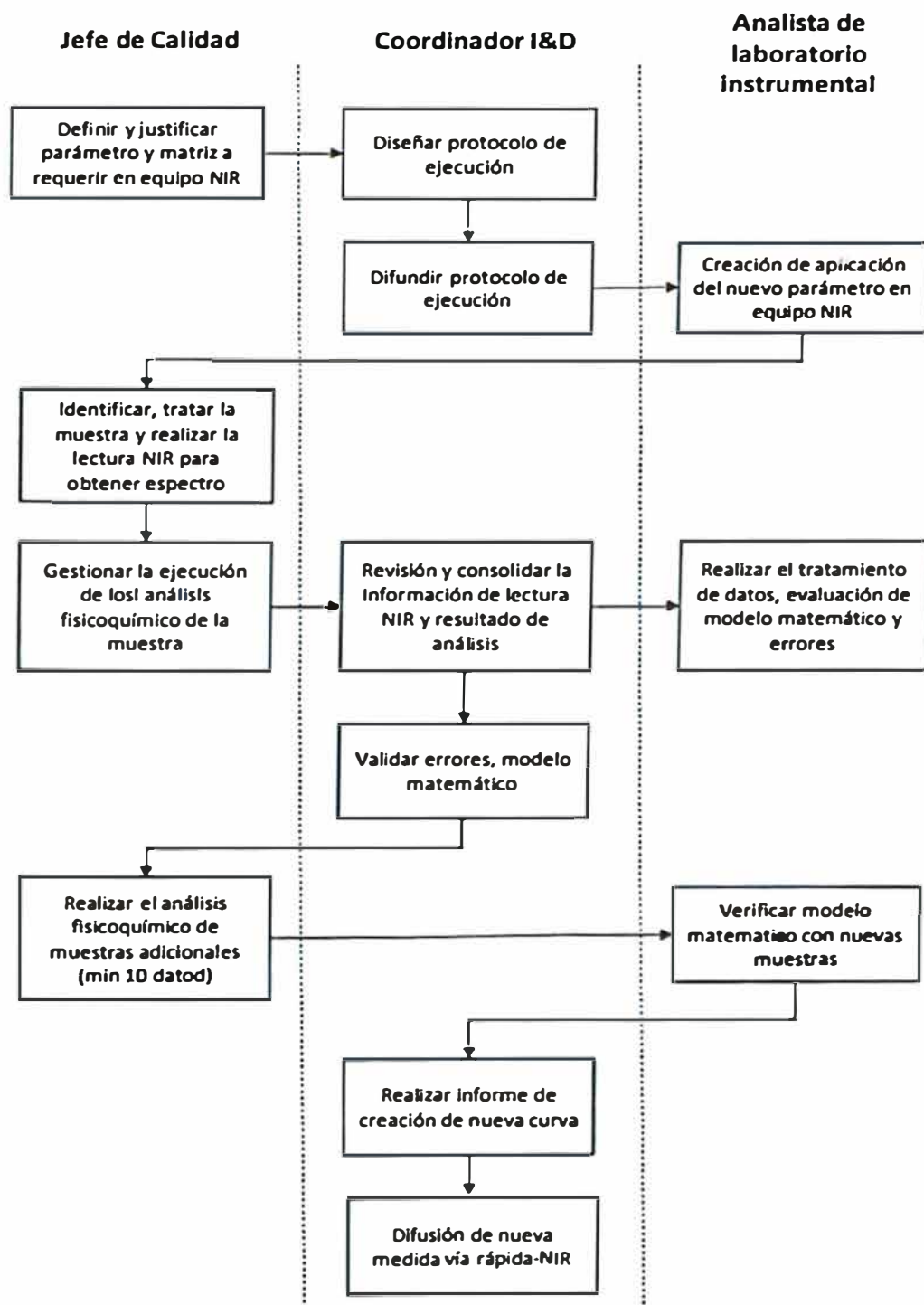


Figura 13

Flujograma de responsabilidad para la elaboración de una nueva curva NIR, análisis método rápido



Nota: Fuente elaboración propia

3.4 Propuesta y contribuciones de su formación profesional

3.4.1 Objetivos y justificación del uso de las técnicas propuestas

Objetivos

- Determinar y validar el uso de espectroscopia infrarroja cercana para determinar el contenido de Cadmio para harina de pescado
- Determinar y validar el uso de espectroscopia infrarroja para determinar el contenido de Hierro para harina de pescado

Justificación

El uso de espectroscopia infrarroja cercana resulta ser versátil para determinar características cuantitativas como %Humedad, %grasa, %Cenizas, etc, el éxito y la exactitud de la predicción del parámetro trabajado depende de la calidad de datos, la cantidad de datos, el tratamiento de datos, la elección adecuada del modelo matemático, el seguimiento de errores y validación continua.

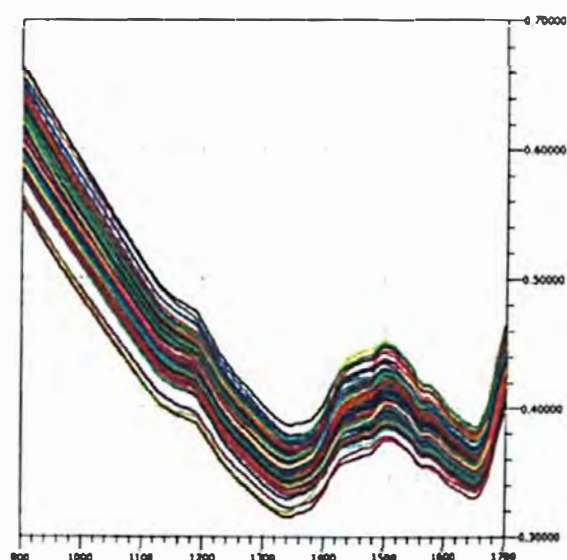
3.4.2. Cálculos y determinaciones de indicadores de gestión para evaluar y monitorear la propuesta

Cálculos

Para diseñar las curvas de Cadmio y Hierro en un equipo espectroscópico se necesita tener resultados de análisis fisicoquímico de las muestras y el espectro leído por el equipo de cada muestra, para este estudio se tomaron muestras de harina producidas en diferentes plantas.

Figura 14

Espectro NIR de harina de pescado, en el eje X tenemos la longitud de onda (nm) y en el eje Y tenemos la absorbancia.



La presencia de estos metales está en la forma de complejos y/o sales que tienen un momento dipolar no nulo, por ese motivo resulta visible para absorción de energía infrarroja.

Tabla 2

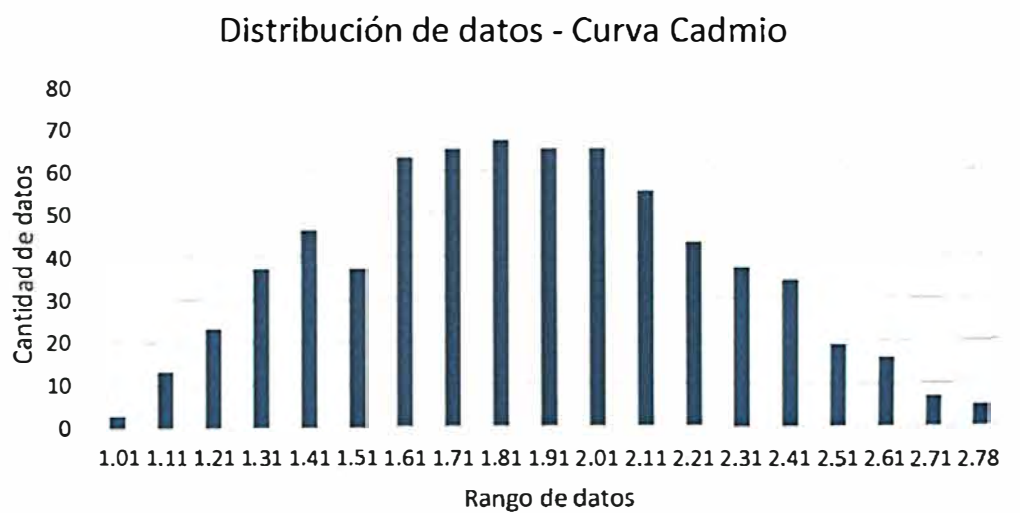
Cantidad de datos obtenido por parámetro

Cadmio	Hierro
700	70

Asimismo, uno de los factores de éxito es tener una adecuada distribución de datos, estos formar parte del rango en el que se quiere que la curva tenga mayor confiabilidad.

Figura 15

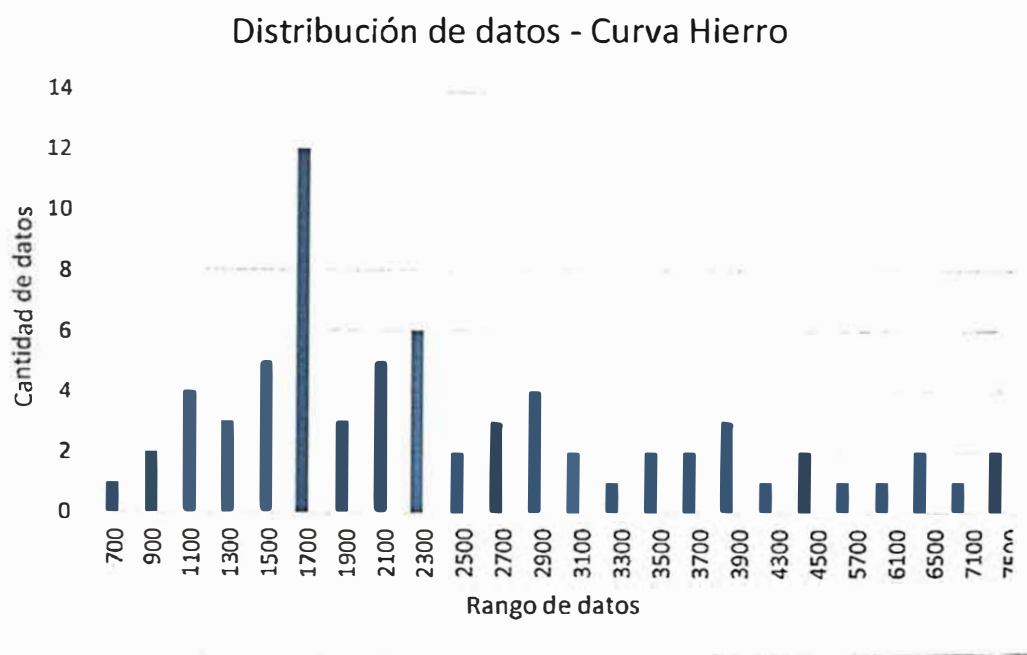
Distribución de los datos obtenidos para el parámetro Cadmio en Harina de pescado



Nota: Elaboración propia de la gráfica

Figura 16

Distribución de datos obtenidos para el parámetro Hierro en Harina de pescado



Nota: Elaboración propia de la gráfica

Se realizó el tratamiento de datos con el modelo matemático que brinde mejor linealidad, obteniéndose el siguiente resumen:

Tabla 3

Resumen estadístico de la lectura del parámetro Cadmio en NIR para muestras de harina de pescado

	Cadmio
Rango de calibración (PPM):	0.96 - 2.80
Rango de trabajo (PPM):	1.20 - 2.40
SECV/SEP:	0.189
Coefficiente de determinación - r^2 :	0.743
Coefficiente de correlación - r :	0.862
MAE (PPM):	0.15

Tabla 4

Resumen estadístico de la lectura del parámetro Hierro en NIR para muestras de harina de pescado

	Hierro
Rango de calibración (PPM):	726.5-1662.84
Rango de trabajo (PPM):	7667.76-2253.58
SECV/SEP:	275
Coefficiente de determinación - r ² :	0.9690
Coefficiente de correlación - r:	0.9844
MAE (PPM):	943

Gráficamente podemos ver el comportamiento de la predicción de los parámetros de Cadmio y Hierro en la Harina de pescado respectivamente:

Figura 17

Comportamiento del valor real vs el valor predicho por NIR de Cadmio en harina de pescado

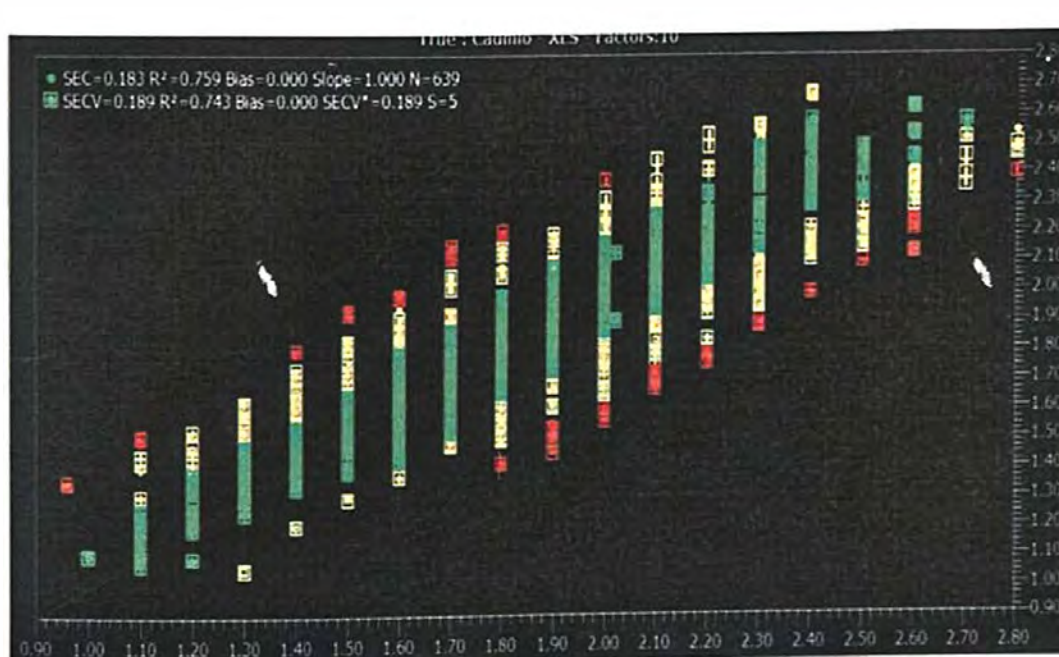


Tabla 5

Valores del error absoluto medio (MAE) de los parámetros como indicadores de éxito. Definimos estos valores de las iteraciones del cálculo del error absoluto medio.

Matriz	Parámetro	MAE
Harina de pescado	Cadmio	● 0.25
	Hierro	● 500

3.4.3. *Análisis e interpretación de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución*

Interpretación de indicador:

Una desviación mayor del valor en el error absoluto medio indica realizar evaluaciones entre resultados de distintas muestras analizadas en laboratorio y por NIR, esto para proceder a tomar acción de ajuste y volver a tener el indicador en verde.

Análisis e interpretación de resultados:

La cantidad de datos usados en la implementación de la curva de cadmio que asciende a 700, muestra un R² (coeficiente de determinación) de 0.74, que es, en comparación de otros parámetros determinados por espectroscopia infrarroja cercana, un valor intermedio, sin embargo, el MAE es adecuado para los fines de ~~control~~ ^{calibración} de la harina de pescado de la compañía.

En la curva de Hierro, los datos recopilados fueron 70, estos datos indican un R² de 0.968 lo que indica que, si existe una buena linealidad entre el valor real de hierro y el valor predicho por el espectroscopio de infrarrojo cercano, es decir, la medición es confiable para predecir linealmente, sin embargo, hay oportunidad en mejorar el error absoluto medio (MAE) que actualmente es 943 y el ideal debería ser 500, esto determinado por la necesidad que se requiere al realizar la asignación de la venta y ajustar variables de proceso .

3.4.4. Evaluaciones y decisiones tomadas

Evaluación económica

La evaluación económica de la implementación en los espectroscopios de infrarrojo cercano para determinar los valores de cadmio y hierro en la harina tiene un alto impacto en la compañía, pues al contar con resultados internos y en corto tiempo se ahorraría el costo del análisis realizado por un laboratorio externo, además del costo de oportunidad de obtener los valores de estos metales para anticipar posibles quejas y reclamos, no conformidades y asignar estrategias de reproceso. A continuación, vamos a evaluar para el año 2023 el impacto que tuvo la predicción de Cadmio en la producción de Harina de pescado.

En la evaluación económica de Hierro en harina se realizará con información de la segunda temporada de pesca 2023 y el potencial impacto que este tiene en anticipar los resultados de hierro y el control del producto no conforme por color.

Las consideraciones tomadas son las siguientes, el costo de análisis de Cadmio en un laboratorio externo es de 1.5 (S/.) /Ton y el costo de análisis en un laboratorio externo de Hierro es de 1.5 (S/.) /Ton, la cantidad de toneladas involucradas en el análisis económico es información de producción de 8 plantas de TASA del año 2023.

En la tabla 2 del presente informe, se dio a conocer la cantidad de datos o cantidad de muestras involucrados para la creación de estas curvas en NIR, estas muestras tienen una equivalencia en toneladas, por lo que para fines prácticos estos cálculos se realizarán en las unidades de nuevos soles y toneladas de harina de pescado.

Tabla 6

Información de inversión para la implementación del método rápido de cuantificación de hierro y cadmio en harina de pescado

Escenario	8 plantas	
	Cadmio	Hierro
Inversión		
Costo análisis (S/.) /Ton	S/ 1.50	S/ 1.50
Cantidad de muestras involucrados	700	70

Tonelajes involucrados (Ton)	35000	3500
Inversión total (S/.)	S/ 52,500	S/ 5,250
Inversión total Real (S/.)	S/ 52,500	S/ 5,250

En la tabla 6, la inversión para la implementación del método rápido vía NIR de Cadmio fue 52,500 nuevos soles en laboratorio externo, con la información que obtuvimos se creó el parámetro para cadmio. En la evaluación económica también se considero gastos de mantenimiento de los equipos espectroscópicos y sus consumibles que asciende a 34,086 nuevos soles, gastos de traslado de muestras estimados en 1,000 soles y el gasto por aseguramiento de confiabilidad de resultados ascienden a 18,750 nuevos soles, todos estos gastos detallados son calculados anuales.

Respecto al Hierro, en esta primera fase, se involucraron 3500 toneladas de harina, la inversión ascendió a 5,250 nuevos soles financiados directamente por el área de investigación y desarrollo de TASA. En la evaluación económica también se consideró los gastos por mantenimiento y consumibles de los equipos espectroscopios alrededor 34,086 nuevos soles, el mantenimiento de la confiabilidad de resultados ascienden a 21,000 nuevos soles, los gastos por traslado de muestra estimados son de 1,000 soles.

Tabla 7

Datos de producción de harina y reprocesada del año 2023

	2023-I	2023-II	Total 2023
Toneladas producidas	10,541	61,494	72,035
Toneladas reprocesadas	7,891	3,822	11,713
Total	18,432	65,316	83,748

La información presenta en las tablas 6 y 7 son clave para el desarrollo de la evaluación económica, se iniciará con la evaluación y retorno de la implementación del método rápido de cadmio y luego de hierro.

El potencial ahorro por el desarrollo del método rápido de determinación de Hierro es proyectado de una reducción del 15% de los gastos asociados a eventos en el almacén de producto terminado por cambio de color en la harina y combustión de esta, además de quejas y/o reclamos en promedio por estas mismas causas y por último los gastos relacionados a los reprocesos de dichas causas.

Tabla 8

Análisis económico de la implementación de determinación de Cadmio en Harina por método rápido usando NIR. El cálculo del periodo de recupero es de 0.8 años, es decir menor a un año.

Situación propuesta	
Escenario	8 plantas
Inversión x NIR (-)	34,086
Mantenimiento y consumibles	
Inversión en análisis externo para implementación método rápido Cadmio (-)	52,500
Mantenimiento de confiabilidad de resultados de cadmio (-)	18,750
Gastos de traslados de muestras (-)	1,000
Potencial de reducción de análisis de cadmio en lab externo de harina producida y reprocesada anual (+)	125,622
Inflación	2%
TC	3.85

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS											
Reducción de análisis de cadmio en lab externo (Ahorro)		125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622
Total Ingresos		125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622	125,622
EGRESOS											
Inversión x NIR (-)											
Mantenimiento y consumibles		34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086
Inversión en análisis externo para implementación método rápido Cadmio (-)	52,500										
Mantenimiento de confiabilidad de resultados de cadmio (-)		18,750	18,750	18,750	18,750	18,750	18,750	18,750	18,750	18,750	18,750
Gastos de traslados de muestras (-)		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Depreciación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Egresos	52,500	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836	53,836
Utilidad Operativa PT	- 52,500	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786	71,786
Participación Trabajadores	10% - 5,250	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179	7,179
Utilidad Operativa	- 47,250	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607	64,607

IR	29.50%	- 13,939	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059	19,059
Utilidad Neta		- 33,311	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548
Depreciación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capex		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de caja		- 33,311	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548

Comparación												
Flujo Resta		- 33,311	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548	45,548
Factor descuento		1	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63	0.58	0.53	0.48	0.44	0.40
Flujo descontado		- 33,311	41,570	37,939	34,626	31,601	28,841	26,322	24,023	21,925	20,010	18,262
Flujo descontado acumulado		- 33,311	8,259	46,198	80,823	112,425	141,266	167,588	191,611	213,536	233,546	251,808

Tasa de descuento (anual)	9.57%
VAN (valor actual neto)	251,808
TIR (tasa interna de retorno)	137%
Periodo de recupero (años)	0.801330

Tabla 9

Análisis económico de la implementación de determinación de Hierro en Harina por método rápido usando NIR. El cálculo del periodo de recupero es de 0.1 años, es decir menor a un año.

Situación propuesta												
Escenario	8 plantas											
Inversión x NIR (-)	34,086											
Mantenimiento y consumibles												
Inversión en análisis externo para implementación método rápido Hierro (-)	5,250											
Mantenimiento de confiabilidad de resultados de cadmio (-)	21,000											
Gastos de traslados de muestras (-)	1,000											
Potencial de reducción de análisis de cadmio en lab externo de harina producida y reprocesada anual (+)	109,811											
Inflación	2%											
TC	3.85											
Años		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS												

Reducción de análisis de cadmio en lab externo (Ahorro)			109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811
Total Ingresos		-	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811	109,811
EGRESOS												
Inversión x NIR (-)												
Mantenimiento y consumibles			34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086	34,086
Inversión en análisis externo para implementación método rápido												
Hierro (-)		5,250										
Mantenimiento de confiabilidad de resultados de Hierro (-)			21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000
Gastos de traslados de muestras (-)			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Depreciación			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Egresos		5,250	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086	56,086
Utilidad Operativa PT		- 5,250	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725	53,725
Participación Trabajadores	10%	- 525	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372	5,372
Utilidad Operativa		- 4,725	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352	48,352
IR	29.50%	- 1,394	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264

Utilidad Neta	- 3,331	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088
Depreciación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de caja	- 3,331	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088

Comparación												
Flujo Resta	- 3,331	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088	34,088
Factor descuento	1	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63	0.58	0.53	0.48	0.44	0.40	0.40
Flujo descontado	- 3,331	31,111	28,394	25,914	23,650	21,585	19,699	17,979	16,409	14,975	13,667	13,667
Flujo descontado acumulado	- 3,331	27,780	56,173	82,087	105,737	127,322	147,022	165,000	181,409	196,384	210,052	210,052

Tasa de descuento (anual)	9.57%
VAN (valor actual neto)	210,052
TIR (tasa interna de retorno)	1023%
Periodo de recupero (años)	0.107073

3.4.5. Informes, reportes, instructivos, fichas técnicas y formatos, presentados como resultado de la actividad realizada.

A continuación, se adjuntan en el anexo 5 los diversos documentos que fueron clave para la evaluación económica, así como también información del sistema de gestión que hará que sea sostenible la información de nuevos desarrollos en el tiempo.

En referencia a los informes se adjunta la primera página, no se adjunta los datos e informe completo por confidencialidad de la compañía.

Tabla 10

Resumen de documentos adjuntos en el anexo 5 que forman parte de la evidencia de la actividad realizada

Título	N° Anexo
Cotización del laboratorio externo para determinar el valor de Cadmio de una muestra	Anexo 5
Cotización del laboratorio externo para determinar el valor de Hierro de una muestra	Anexo 5
Informe resumido de la creación de la curva de Cadmio en NIR	Anexo 5
Informe resumido de la creación de la curva de Hierro en NIR	Anexo 5

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1. Contribuciones al desarrollo de la empresa

En los diferentes rubros de la industria peruana existen muchos retos, el sector pesca es uno de los rubros que menos ha evolucionado respecto a cambios en su proceso y el uso de nuevas tecnologías que se descubren y fortalecen en el mundo.

Una de las actitudes más valoradas en el mundo corporativo es el poder de anticipar problemas, lo que significa que debemos identificarlos oportunamente, esto hará que una compañía esté mejor preparada que otra para afrontar momentos difíciles.

El rol del bachiller como ingeniera química fue evaluar la factibilidad de la implementación de la determinación de metales por método rápido usando tecnología NIR, al tener éxito en la implementación, esta significaría que se materializaría un potencial ahorro para la compañía, además de tener el poder de anticipar estrategias para disponibilizar más Harina de pescado al mundo. El bachiller a cargo del laboratorio de investigación y desarrollo lideró con su equipo este hito de innovar el uso de la tecnología NIR para determinar nuevos parámetros de calidad de la harina de pescado.

4.2 Impacto de la propuesta (Económico, tecnológico, ambiental)

El principal impacto de la implementación del método rápido de determinación de metales en la harina de pescado es económico, el payback ²de la implementación de ambas implementaciones es menor a 1 año y el ahorro anual que se proyecta es más de 250,000 soles, por lo que resulta muy atractivo seguir innovando y probando nuevos parámetros usando la tecnología NIR en productos marinos.

² tiempo de retorno económico de la inversión.

Determinar ágilmente Cadmio in house³, además del ahorro del análisis externo, le permite a la compañía anticipar reclamos de clientes y evitar paralizaciones de carga de harina exportada por parte de la autoridad sanitaria – SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad pesquera), en términos de tiempo, nos permite resolver la disponibilidad de harina conforme.

Por otro lado, el impacto de determinar Hierro es interesante pues complementa y mejora la predicción de los potenciales cambios de color a No conforme de la harina en el almacenamiento, además es clave en la predicción de la combustión de la harina en el almacenamiento. Tener esta información permite tomar decisiones oportunas y tratar el almacenamiento de la harina según el riesgo que esta tenga de cambio de color o combustión, de tal forma se ahorra dinero en reprocesar harina no conforme por color, el uso inadecuado del almacén de producto terminado y quejas o reclamos de clientes.

Otro impacto interesante es la reputación de la compañía de estar siempre a la vanguardia en tecnología, liderando en el sector.

³ realizado dentro la compañía.

Conclusiones

- Se determinó una linealidad de 0.743 para el parámetro de Cadmio vía NIR que aún tiene oportunidad de mejorar linealidad, sin embargo, el MAE que se determinó fue de 0.15, lo cual es un valor aceptable para el uso en el negocio, lo cual resulta ser una implementación viable y exitosa.

- Se determinó una linealidad de 0.96 para el parámetro de Hierro vía NIR la cuál es muy buena, sin embargo, el MAE que se determinó fue de 943, lo cual es un valor con oportunidad de reducción, complementando este desarrollo con la estrategia de confiabilidad de resultados esta implementación resulta ser una implementación viable y exitosa.

- Se determinó en la evaluación económica de ambos desarrollos un ahorro anual que ascendía a más 200,000 nuevos soles.

- Se calculó el periodo de recupero que fue menor a 1 año por la inversión realizada en mantenimiento del equipo espectrómetro y el costo puntual de laboratorio externo para la implementación de este método rápido.

- Se determinó el impacto en el ahorro de análisis de hierro por laboratorio externo en más de 100 ,000 nuevos soles, sin embargo también hay un impacto en la optimización de reproceso, y anticipación a quejas y reclamos.

Recomendaciones

- Se recomienda mantener el plan de aseguramiento de confiabilidad de resultados para ambas implementaciones, esta consiste en la evaluación periódica determinada por el sistema de gestión de calidad de TASA, donde el indicador o KPI mostrado en la tabla 5 sea el gatillador de recalibración o reajuste de las curvas.
- Se recomienda seguir probando la viabilidad del desarrollo de nuevos parámetros disruptivos vía NIR como Calcio y otros metales pesados que sean exigidos por normativa sanitaria, por clientes o por iniciativa del control de proceso que agregue valor en los distintos productos marinos que elabora TASA.

Referencias bibliográficas

- BCRP. (2023). Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/cuadros-de-la-nota-semanal.html>
- Buchi. (octubre de 2023). *Buchi*. Obtenido de <https://www.buchi.com/es/productos/instrumentos/proximate>
- Diario oficial de la Unión Europea. (2021). REGLAMENTO (UE) 2021/1323 DE LA COMISIÓN de 10 de agosto 2021 respecto al contenido máximo de Cadmio en determinados productos alimenticios. *Diario oficial de la Unión Europea*.
- FAO. (06 de Dic de 2013). *EUR-LEX*. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/1275/oj>
- FOSS. (2023). *FOSS*. Obtenido de <https://www.fossanalytics.com/es-es/news-articles/technologies/nir-technology>
- ORGANIZATION, F. A. (s.f.). *NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS*. Obtenido de NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- pesquera, S. n. (2014). *Relevancia del sector pesquero en la economía peruana*.
- S.A, T. (2022). *Organigrama de gerencias*. Lima.
- S.A, T. (2023). *Costeo de Producto no conforme*.
- S.A, T. (2023). *Inducción SSOMA*.
- TASA. (2023). *TASA*. Obtenido de <https://www.tasa.com.pe/acerca-de-tasa-acerca-de-tasa.html#>
- Cortez, P. M. (2017). Espectroscopia de infrarrojo para todos y 51 espectros de alimentos consumidos en México. Jalisco: D.R. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado.

Anexos

Anexo 1: Certificado de trabajo	2
Anexo 2: Capacitaciones	3
Anexo 3: Reconocimientos	5
Anexo 4: Constancias de participación en actividades complementarias	7
Anexo 5: Informes, reportes, instructivos, fichas técnicas y formatos, presentados como resultado de la actividad realizada	8