

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Instalación de enderezador de flujo en fuentes fijas tipo ciclón de
ensaque en una planta pesquera de la Provincia Constitucional del
Callao

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Héctor José Llagas Ñiquen

ASESORA

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Lima, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

ACTA N° 006-2024-UCSS/FIA-JD

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Siendo las 08:00 horas del día jueves 15 de febrero de 2024, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, integrado por:

Katerin Manuelita Encina Oliva
María del Carmen Villegas Montoya

se reunió para la sustentación virtual del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **“Instalación de enderezador de flujo en fuentes fijas tipo ciclón de ensaque en una planta pesquera de la Provincia Constitucional del Callao”** que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Héctor José Llagas Ñiquen**, cumpliendo así con los requerimientos de presentación y sustentación de un trabajo de suficiencia profesional original, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido, se eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA, para conferirle el título profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 15 de febrero de 2024

En señal de conformidad firmamos,

Katerin Manuelita Encina Oliva

María del Carmen Villegas Montoya

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Ciudad, 15 de febrero de 2024

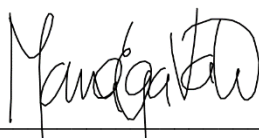
Señor,
José Victor Ruíz Ccance
Jefe del Departamento Académico
Facultad de Ingeniería Agraria UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: "Instalación de enderezador de flujo en fuentes fijas tipo ciclón de ensaque en una planta pesquera de la Provincia Constitucional del Callao", presentado por Héctor José Llagas Ñiquen, (código de estudiante 2013100546, y DNI 46473304) para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesora, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



María Eugenia del Carmen Viloría Ortín
DNI N° 48790612
ORCID: 0000-0002-4138-638X
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
TRAYECTORIA DEL AUTOR	11
I. EL PROBLEMA	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.1.1. Problema principal.....	13
1.1.2. Problemas secundarios	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo General.....	14
1.2.2. Objetivos específicos.....	14
1.3. Justificación	15
1.4. Alcances y limitaciones	15
1.4.1. Alcances	15
1.4.2. Limitaciones	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2.1. Chimeneas y/o ductos.....	18
2.2.2. Material Particulado	18
2.2.3. Ciclón....	18
2.2.4. Flujo laminar	20
2.2.5. Flujo ciclónico o turbulento.....	21
2.2.6. Entidades de Fiscalización Ambiental -EFA.....	22
2.2.7. Normas Técnicas	22
2.2.8. Jurisprudencia de Tribunal de Fiscalización Ambiental.....	23
2.2.9. Enderezador de flujo.....	23
2.2.10. Protocolos de emisiones	23
2.2.11. Instrumentos de gestión ambiental-IGA.....	24
2.2.12. Muestreo isocinético.....	24
2.2.13. Verificación de flujo ciclónico	25
2.2.14. Determinación de emisión de material particulado en fuentes estacionarias	25

2.2.15. Informe de ensayo	26
III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	27
3.1. Metodología de la solución	27
3.2. Desarrollo de la solución	27
3.2.1. Evaluación técnica in situ de las características de la chimenea o ducto del ciclón de ensaque de la planta pesquera.....	27
3.2.2. Caracterizar el flujo que se tiene en la chimenea o ductos del ciclón de ensaque de la planta pesquera.	28
3.2.3. Adecuar e instalar enderezador de flujo en la chimenea del ciclón de ensaque utilizados en la industria pesquera.....	32
3.2.4. Obtener un informe de ensayo emitido por un laboratorio acreditado donde se precise el cumplimiento de los requisitos planteados en la NTP 900.001.2021	34
3.3 Factibilidad técnica-operativa.....	36
3.4 Cuadro de inversión.....	37
IV. ANÁLISIS CRÍTICO	39
V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	43
APÉNDICES	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclón simple	19
Figura 2. Ciclones de alta eficacia - BUELL.....	19
Figura 3. Trayectoria de las partículas en un flujo laminar	20
Figura 4. Trayectoria de las partículas en un flujo ciclónico.....	21
Figura 5. Medición del punto de muestreo	28
Figura 6. Número mínimo de puntos transversales	30
Figura 7. Localización de los puntos de recorrido en la chimenea o ducto.....	31
Figura 8. Sección transversal dividido en áreas iguales	31
Figura 9. Fabricación del enderezador de flujo.	32
Figura 10. Evaluación médica del personal encargado de la instalación del enderezador ..	33
Figura 11. Instalación del enderezador de flujo	34
Figura 12. Medición de flujo ciclónico en 03 pruebas de 16 puntos transversales	50
Figura 13. Medición de flujo ciclónico en 03 pruebas de 24 puntos transversales	53
Figura 14. Enderezador de flujo	55
Figura 15. Medición la verificación de flujo ciclónico y de la velocidad del flujo	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Antecedentes de la NTP 900.005:2021	25
Tabla 2. Cuadro de Inversión	37
Tabla 3. Verificación de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, en la caracterización del flujo de la Chimenea.....	47
Tabla 4. Verificación de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, prueba # 1	48
Tabla 5. Resumen de resultados de la medición de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, prueba # 2.....	49
Tabla 6. Resultados de la medición de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, prueba # 3.....	50
Tabla 7. Verificación de flujo ciclónico en 24 puntos transversales, prueba # 1	51
Tabla 8. Resultados de la medición de flujo ciclónico en 24 puntos transversales, prueba # 2.....	52
Tabla 9. Resultados de la medición de flujo ciclónico en 24 puntos transversales, prueba # 3.....	53

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Organigrama de la empresa.....	46
Apéndice 2. Resumen de los resultados de la evaluación de flujo ciclónico, previo a la instalación del enderezador de flujo.	47
Apéndice 3. Resumen de los resultados de la evaluación de flujo ciclónico, luego de la instalación del enderezador de flujo.	48
Apéndice 4. Plano del enderezador de flujo	54
Apéndice 8. Registro fotográfico.....	55
Apéndice 5. Reporte del laboratorio.....	57
Apéndice 6. Cadena de Custodia.....	59
Apéndice 8. Acreditación del Laboratorio	60
Apéndice 9. Cronograma de actividades.....	61

RESUMEN

El presente informe tiene como propósito evaluar la efectividad del enderezador de flujo en una chimenea tipo ciclón de ensaque con el fin de cumplir los requisitos planteados en la normativa vigente respecto al muestreo isocinético. Se advierte que, el incumplimiento e inobservancias de los requisitos descritos en la normativa vigente (Protocolos, Límite Máximos Permisibles-LMP y Norma Técnica Peruana-NTP) tienen como resultado muestras no representativas debido a la presencia de flujo ciclónico o turbulento en chimeneas. Es así que, al indagar sobre las posibles soluciones se determinó que, el Method 5D-EPA de la 40 CFR Part. 60 Appendix A-1 establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA, describe la solución técnica a través de la implementación de correctores, que se diseñan a partir las características particulares de la chimenea o ducto a implementar. En consecuencia, se realizó la instalación de los enderezadores de flujo en la base de la chimenea del ciclón de ensaque de la planta pesquera, y posteriormente, se realizó la verificación de flujo ciclónico obteniendo como resultado la reducción del ángulo promedio de 69° a 18,6°, cumpliendo así con las directrices establecidas en el procedimiento descrito en la NTP 900.001.2021 que a su vez es uno de los requisitos de la NTP 900.005.2021. “Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias”, logrando así, un informe de ensayo con valores representativos y adecuado ante cualquier acto de inspección periódica de las entidades de fiscalización ambiental.

Palabras clave: chimenea, ciclón, flujo ciclónico o turbulento, fuentes estacionarias.

ABSTRACT

The purpose of this report is to evaluate the effectiveness of the flow straightener in a bagging cyclone chimney in order to meet the requirements set out in current regulations regarding isokinetic sampling. It is noted that non-compliance and non-compliance with the requirements described in current regulations (Protocols, Maximum Permissible Limits-LMP and Peruvian Technical Standard-NTP) result in non-representative samples due to the presence of cyclonic or turbulent flow in chimneys. Thus, when investigating possible solutions, it was determined that Method 5D-EPA of 40 CFR Part. 60 Appendix A-1 established by the United States Environmental Protection Agency-EPA, describes the technical solution through the implementation of correctors, which are designed based on the particular characteristics of the chimney or duct to be implemented. Consequently, the installation of the flow straighteners was carried out at the base of the chimney of the packing cyclone of the fishing plant, and subsequently, the cyclonic flow verification was carried out, resulting in the reduction of the average angle from 69° to 18, 6°, thus complying with the guidelines established in the procedure described in NTP 900.001.2021, which in turn is one of the requirements of NTP 900.005.2021. “Determination of emissions of particulate matter in stationary sources”, thus achieving a test report with representative values and suitable for any periodic inspection act by environmental inspection entities.

Keywords: chimney, cyclone, cyclonic or turbulent flow, stationary sources.

INTRODUCCIÓN

Las chimeneas son ductos por donde se emiten gases hacia la atmósfera, Además son puntos de control ambiental donde se realiza la toma de muestra de material particulado. Esto implica la aplicación de métodos EPA y NTP. La NTP 900.001.2021 se aplica cuando el flujo emitido por la chimenea es laminar con un ángulo promedio menor a 20° para que la condición de la chimenea sea aceptable para la toma de muestra.

La implementación de enderezador de flujo en plantas industriales pesqueras es relevante para la comunidad científica a nivel internacional, porque nos permite hacer la corrección del flujo turbulento o ciclónico, sobre todo en chimeneas tipo ciclón de ensaque; sin embargo, en nuestro régimen normativo se encuentra limitado. Es así que, en este informe, a través de la obtención de información in situ, la planificación y desarrollo del diseño, se establecerá la efectividad de la implementación del enderezador de flujo, como medida de prevención o corrección ante la presencia de flujo ciclónico o turbulento en chimeneas o ductos. De esta manera, el presente informe se enmarca en cuatro objetivos específicos secuenciales, que permitirán coadyuvar a conocer con certeza la idoneidad y eficacia de las medidas correctivas a implementarse, al ser un aspecto trascendental para lograr determinar la efectividad de los correctores de flujo en la industria pesquera.

Asimismo, el tema abordado tiene justificación técnica-normativa, debido a que las industrias pesqueras realizan actividades económicas en nuestro país, y se encuentran sujetas a las normas que rigen su sector, principalmente al “Protocolo para el monitoreo de emisiones atmosféricas y de calidad de aire”, donde indica que la chimeneas o ductos deben ajustarse al estricto cumplimiento de la NTP:900.001.2021.

Entidades de fiscalización ambiental, como el Organismo de Fiscalización Ambiental (OEFA), acuden ante una denuncia en materia ambiental a efecto de recabar información y observar el cumplimiento estricto de los lineamientos de las normas vigentes por parte de las empresas pesqueras. Es así que la justificación técnico-normativa es contribuir con un diseño

efectivo para la implementación de enderezadores de flujo en una planta pesquera. Ante la inobservancia de los requisitos mínimos que podría generar procedimientos administrativos sancionadores contra la empresa o industria pesquera. La implementación de los enderezadores es una solución en la corrección del flujo turbulento o ciclónico a un flujo laminar, además se encuentra establecido en las normas técnicas internacionales relacionadas a emisiones atmosféricas; sin embargo, en la realidad se encuentra una situación divergente en donde se requiere soporte técnico especializado para generar una solución inmediata y efectiva.

En consecuencia, la implementación de enderezadores o correctores son un aporte técnico para brindar solución a la problemática mencionada pero poco abordada debido a su información limitada. La finalidad del presente proyecto fue corregir el flujo ciclónico o turbulento presente en algunas chimeneas o ductos de las industrias pesqueras para la aplicación de métodos EPA y NTP.

TRAYECTORIA DEL AUTOR

Mi trayectoria profesional en el aspecto de monitoreo ambiental se inicia en mayo del 2019, desempeñándome en el cargo de analista de campo en el laboratorio de análisis ambiental ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY SAC - ENVIROTEST SAC, realizando actividades de monitoreo ambiental ante diferentes empresas vinculadas a la minería, industria, manufactura y de diferentes proyectos a nivel nacional. Realizando la toma de muestra de las matrices aire, agua, suelo, ruido y emisiones atmosféricas, para lo cual, se deben seguir los lineamientos establecidos en los protocolos, procedimientos, NTP y EPA.

Posteriormente, desde mayo de 2021 a agosto de 2023, desempeñé el cargo de Coordinador en el área de operaciones del laboratorio de análisis ambiental ENVIROTEST SAC, ejecutando actividades de programación y coordinación de los analistas de campo en diversos servicios asignados, además de testificar en las auditorias de seguimiento e implementación de nuevos métodos ante las entidades acreditadoras como el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y The International Accreditation Service (IAS), además de realizar eventualmente monitoreos ambientales de calidad de agua, aire, suelo, ruido y emisiones atmosféricas a diferentes empresas a nivel nacional, debiendo aplicar los lineamientos de muestreo establecidos en la normativa ambiental vigente.

Desde julio 2021 a agosto de 2023, intervine como consultor de proyectos con la empresa ABSA INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAC, ejerciendo el cargo de Supervisor de Campo, ejecutando actividades de asesoría técnica en proyectos y como supervisor de muestreo de aire, agua, suelo, ruido y emisiones atmosféricas.

Finalmente, desde septiembre de 2023 a la actualidad me desempeño como “Tercero Supervisor” de la Coordinación de Supervisión Ambiental en Minería del OEFA, encargándome de los monitoreos ambientales en unidades mineras a nivel nacional.

Debido a mi experiencia profesional he identificado chimeneas de tipo ciclón que tienen flujo ciclónico o turbulento, siendo mi propuesta de solución la instalación de enderezador de flujo, tal como lo indica el Method 5D-EPA, para cubrir la necesidad de tomar las muestras de material particulado siguiendo los métodos establecidos en la NTP 900.005:2021.

I. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La necesidad que las empresas pesqueras cumplan con el “Protocolo para el monitoreo de emisiones atmosféricas y calidad de aire”, además de sus compromisos ambientales asumidos en los instrumentos de gestión ambiental a fin de no tener observaciones y/o sanciones por parte de las entidades de fiscalización ambiental a nivel local, regional o nacional, principalmente el OEFA, cuyo ente tiene como facultad principal ser una entidad de fiscalización, realizando sus procedimientos de inspección a través de laboratorios de análisis ambiental acreditados antes el INACAL.

Es así que, a requerimiento de una planta pesquera, el laboratorio de análisis ambiental ENVIROTEST S.A.C, inició las pruebas preliminares (ubicación de los puntos de muestreo, identificar el tipo de flujo que se expulsa de la chimenea o ductos según lo describe la NTP 900.001:2021) advirtiéndose que en la chimenea o ducto no cumplía con los requisitos descritos en la NTP 900.001:2021, estando que, el flujo de salida en la chimenea fue .de tipo turbulento o ciclónico.

1.1.1. Problema principal

- Inobservancia de las acciones correctivas establecidas en el Method 5D-EPA, al advertir en chimeneas de ciclón de ensaque de plantas pesqueras un flujo turbulento y/o ciclónico.

1.1.2. Problemas secundarios

- Ineficiente evaluación técnica in situ de las características de la chimenea o ducto del ciclón de ensaque establecidas en el numeral 7 de la NTP 900.001.2021 de la planta pesquera.
- Ausencia de la caracterización del tipo de flujo conforme a la NTP 900.001.2021 que se tiene en la chimenea o ductos del ciclón de ensaque de las plantas pesqueras con la

finalidad de determinar el tipo de material a utilizar en el enderezador.

- Presencia de flujo turbulento y/o ciclónico en chimeneas o ductos de ciclón de ensaque en la industria pesquera que contraviene los lineamientos descritos en la NTP 900.001.2021.
- La falta de muestras representativas de material particulado en los monitoreos realizados en los ciclones de ensaque de la planta pesquera generan sanciones administrativas por parte de organismos de fiscalización.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la efectividad de la implementación del enderezador de flujo descritos en el Method 5D-EPA en chimenea de ciclón de ensaque de plantas pesqueras que tienen flujo turbulento y/o ciclónico.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluación técnica in situ de las características de la chimenea o ducto del ciclón de ensaque de la planta pesquera conforme a lo descrito en el numeral 7 de la NTP 900.001.2021.
- Caracterizar el flujo que se tiene en la chimenea o ductos del ciclón de ensaque de la planta pesquera conforme a la NTP 900.001.2021 con la finalidad de seleccionar el tipo de material a emplear.
- Adecuar e instalar enderezador de flujo en la chimenea del ciclón de ensaque utilizados en la industria pesquera para obtener un flujo laminar tal como lo describe la NTP 900.001.2021.
- Obtener un informe de ensayo emitido por un laboratorio acreditado donde se precise el cumplimiento de los requisitos planteados en la NTP 900.001.2021.

1.3. Justificación

Este proyecto brinda una solución inmediata al problema suscitado en plantas industriales pesqueras que cuentan con ciclón de ensaque, y no cumplen con los requisitos establecidos en las NTP y/o en los métodos EPA para la toma de muestra de material particulado realizado por diversos laboratorios debidamente acreditado por INACAL. La NTP 900.001:2021 “Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias” INACAL (2021) indica que “Esta Norma Técnica Peruana es aplicable a flujos de gas que pasan por ductos, chimeneas y tubos. Este método no puede utilizarse cuando (i) el flujo es ciclónico o en remolino” (p.1).

Es así que mi propuesta se enmarca en la instalación del enderezador de flujo, con la finalidad de corregir el flujo turbulento o ciclónico de la chimenea, y obtener un flujo laminar a la salida de la chimenea cumpliendo los requisitos establecidos en la NTP 900.001:2021 con la finalidad de tomar las muestras de material particulado de manera representativa como se indica en los instrumentos de gestión ambiental, y evitar sanciones por parte de las entidades de fiscalización ambientales como el OEFA.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

- Con la instalación del enderezador se logró cumplir con los requisitos establecidos en la NTP 900.001:2021, uno de los métodos preliminares para la aplicación de la NTP 900.005.2021 “Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias”. con la finalidad de obtener muestras de material particulado representativos para luego ser comparados con el LMP del Decreto Supremo N° 011-2009-MINAM (Aprueba Límites Máximos Permisibles para las emisiones de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Harina de Residuos Hidrobiológicos).
- La planta pesquera donde se implementó el enderezador de flujo, brindó las facilidades en sus instalaciones durante el procedimiento de instalación, un área de trabajo y servicios primordiales para lograr el objetivo planteado.

- Como laboratorio de análisis ambiental ENVIROTEST SAC, se advirtió a la empresa pesquera donde se encontraba la problemática, durante el inicio del muestreo del material particulado.

1.4.2. Limitaciones

- El plano de medidas proporcionadas por el supervisor de la planta pesquera, para el diseño del enderezador de flujo fueron distintas a las obtenidas al momento de realizar la instalación del enderezador de flujo, lo cual generó inconvenientes al momento de realizar la adecuación del enderezador en la chimenea o ducto.
- El diseño del enderezador de flujo inicialmente fue plasmado en gabinete, sin embargo, al momento de la fabricación, se debe tener en consideración que los materiales para su diseño debían ser similares al material que tiene el ducto o chimenea a efecto de tener mayor afinidad.
- Se requirió contratar personal calificado para trabajos en metal mecánica y soldadura, con la finalidad de instalar el enderezador de flujo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El trabajo de investigación titulado “Diseño de acondicionador de flujo para chimenea de atomización en proceso cerámico.” realizado por Grisales y Ceballos (2019), cuyo objetivo fue “Diseñar un acondicionador de flujo que permita modificar la dirección del gas en las chimeneas de atomización de la empresa Eurocerámica para poder determinar la emisión de partículas a través de un muestreo isocinético” (p. 15), señala que incrementar el proceso productivo en la planta, ocasiona que las chimeneas tengan una variación en la salida flujo del gas de emisión, generando que este se vuelva turbulento o ciclónico. Inicialmente el investigador identificó el flujo turbulento e instaló un acondicionador de flujo, con la finalidad de obtener un flujo laminar a la salida de la chimenea, ante la necesidad de cumplir con los compromisos ambientales y licencia del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial según Resolución 909 del 5 de junio de 2008. Esto me permitió comprender la necesidad de convertir el flujo turbulento o ciclónico a un flujo laminar con la finalidad de tomar muestras de partículas.

En la tesis de Damián (2018) cuyo objetivo fue “Determinación de material particulado en fuentes fijas a través del muestreo isocinético utilizando la metodología (EPA5) realizado en el horno de fusión área de ensayos al fuego de la empresa Certimin S.A.”, el autor realiza el muestreo isocinético de material particulado mediante la aplicación del método EPA5 y/o NTP 900.005, descritos en la norma vigente, además de cumplir con los requisitos previos descritos en los métodos EPA1 hasta el EPA4. Cabe señalar que estos métodos están vinculados directamente y que se aplican consecutivamente, en el muestreo de material particulado.

Filace *et al.* (2012), realizó una investigación llamada “Estudio fluido dinámico de gases en chimenea de caldera”, presentado en la conferencia denominada III Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación, en donde los ponentes presentaron su estudio experimental en simulación CFD (*Computational Fluid Dynamics*) permitiendo realizar

modelamiento en las chimeneas de tipo calderas donde se tenía la hipótesis que el flujo al interior era de tipo turbulento. Es así que, después de realizar la simulación con el software se validó la hipótesis además de buscar soluciones factibles para la corrección del flujo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Chimeneas y/o ductos

Es un canal o tubo que une la salida del ventilador y conduce el flujo del aire filtrado a la dirección esperada (Pilay y Gavidia, 2020).

2.2.2. Material Particulado

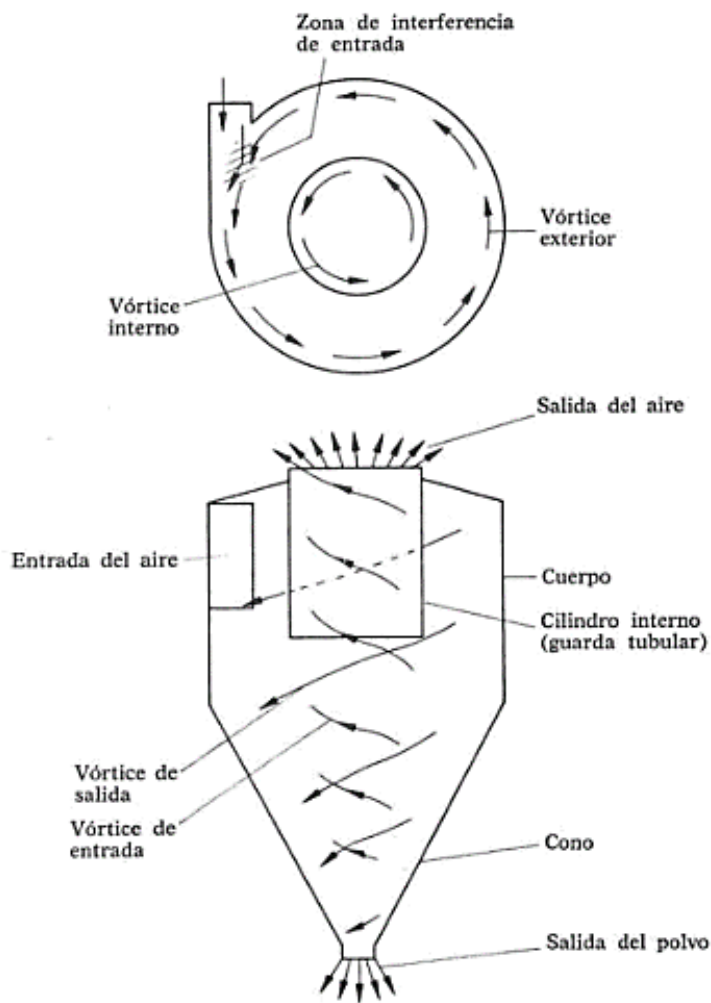
Es la mezcla de gotas líquidas o partículas en su estado sólido que se encuentran en el aire, y que provienen de dos tipos de fuentes, una relacionada a la contaminación natural y la otra a consecuencia de la actividad humana (Montijo-Valenzuela, 2021). El material particulado en su dispersión en la atmósfera se clasifica en dos tipos, los primarios que se emiten de forma directa desde una fuente, y las emisiones secundarias, cuya formación es del resultado de una serie de reacciones químicas y físicas, principalmente del sector industrial, automotriz y centrales eléctricas (Porta *et al.*, 2018).

2.2.3. Ciclón

El ciclón sencillo consta de un recipiente cilíndrico vertical, donde se introduce el gas a través de una entrada tangente y horizontal. El polvo se concentra, por la acción de giro, en la capa del gas próxima a la pared del recipiente. La columna de giro del gas circula a lo largo del recipiente, y por último cambia de dirección y sale por el conducto situado en el eje del recipiente. El polvo cae a la tolva colocada por debajo de la columna móvil del gas. No es posible predecir, a partir de consideraciones puramente teóricas, las curvas de eficacia-tamaño de la partícula para diferentes tipos y diseños de ciclones. (Parker, 2021, p. 239)

Figura 1

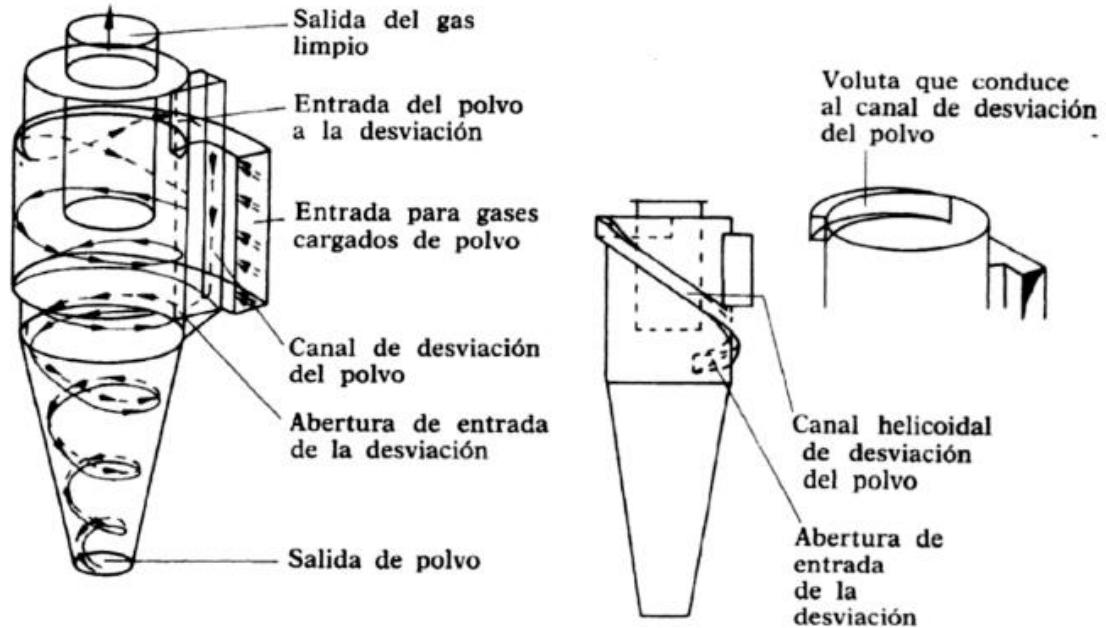
Ciclón simple



Nota. Adaptado de Contaminación del aire [Figura], por Parker, 2021, Google Libros (<https://books.google.com.pe/contaminacióndelaire>).

Figura 2

Ciclones de alta eficacia - BUELL



Nota. Adaptado de Contaminación del aire [Figura], por Parker, 2021, Google Libros (<https://books.google.com.pe/contaminacióndelaire>).

Por otro lado, se considera que:

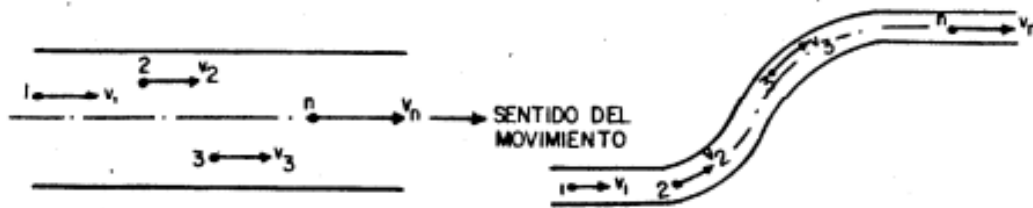
Los ciclones de partículas por lo general se encargan de transportar o remover una gran cantidad de material particulado, se fundamenta en el principio de emplear la inercia debido a que retira parte del flujo del gas, lo cual es producido por la potencia centrifuga. (Pilay y Gavidia, 2020, p. 42)

2.2.4. Flujo laminar

Es el movimiento de partículas que tienen el mismo sentido y dirección del fluido. Asimismo, este tipo de flujo se presenta en conductos abiertos, conductos cerrados o conductos definidos por un medio estudiado. (Medina y Vargas, 2018). Además, otros estudios indican, que el flujo laminar es el desplazamiento realizado por partículas manteniéndose invariable su velocidad y dirección del flujo (Çengel *et al.*, 2006).

Figura 3

Trayectoria de las partículas en un flujo laminar



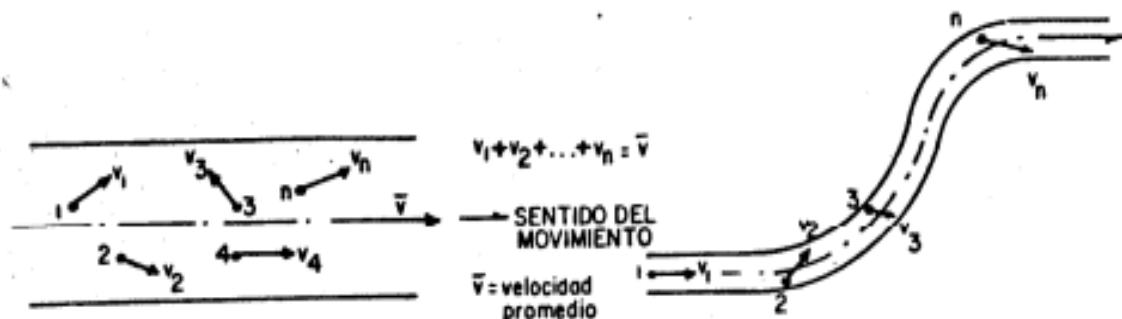
Nota. Adaptado del capítulo III Dinámica de Fluidos [Figura], Universidad de Sonora, 2021, USON (<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2496/Capitulo3.pdf>).

2.2.5. Flujo ciclónico o turbulento

El flujo ciclónico o turbulento, se caracteriza por movimientos imprevisibles de un fluido, encontrándose comúnmente con velocidades altas y variadas. (Muñoz, 2012). Otros estudios mantienen una posición similar, definiendo el flujo ciclónico, como el desplazamiento de fluido en diversos sentidos al movimiento principal, conocido como movimiento errático, que genera efecto de colisión y esto a su vez ocasiona que, la cantidad de movimiento denominado choque inelástico genere pérdida de energía (Medina y Vargas, 2018). Finalmente, el flujo ciclónico se determina por oscilación dinámica y aleatoria en los llamados torbellinos de fluidos. Dichas variaciones generan un mecanismo adicional para trasladar movimiento y energía, teniendo altos niveles de fricción (Çengel *et al.*, 2006).

Figura 4

Trayectoria de las partículas en un flujo ciclónico



Nota. Adaptado del capítulo III Dinámica de Fluidos [Figura], Universidad de Sonora, 2021, USON (<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2496/Capitulo3.pdf>).

2.2.6. Entidades de Fiscalización Ambiental - EFA.

Mediante Resolución Consejo Directivo Nro. 006-2019-OEFA/CD, en su artículo 5, precisa que los tres niveles del Estado tanto nacional, regional y local, tienen atribuidas de manera total o parcial facultades de fiscalización ambiental con independencia funcional del OEFA. Las entidades de Fiscalización Ambiental son consideradas como instancia operativa-técnica que ejecutan actividades de fiscalización ambiental (OEFA, 2019). En el Régimen Común de Fiscalización Ambiental, se encuentran plasmados los principios de: coherencia, transparencia, eficacia, eficiencia, efectividad y mejora continua, que son de vital importancia para la fiscalización ambiental (Aldana, 2013). Asimismo, la Ley Nro. 29325 denominada “Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Fiscalización Ambiental”, en su artículo 7 precisa que las llamadas Entidades de Fiscalización Ambiental Nacional, Regional y Local, son entidades que tienen condición funcional independiente a OEFA, rigiéndose bajo la normativa de materia ambiental (Ley 29325, 2009).

2.2.7. Normas Técnicas

Es un documento que se establece por un acto consensual con la finalidad de generar parámetros y/o lineamientos de procesos, producto o servicio de cumplimiento obligatorio, cuya aprobación depende de diversas entidades y organismos técnicos (López, 2020). La norma técnica es un documento donde se encuentran los requisitos, descripciones, especificaciones de calidad, términos, información de rotulado, métodos de ensayos; siendo este el resultado de la pericia, la ciencia y del avance tecnológico, permitiendo un intercambio técnico enriquecedor para su creación, siendo previamente discutido por un Comité Técnico antes de su aprobación (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2005).

Para la aprobación de una norma técnica, según la Ley 30224 (Procedimiento de Aprobación de Normas Técnicas Peruana), precisa en su numeral 20.2, que los proyectos serán discutidos públicamente para obtener las observaciones de la sociedad civil nacional y extranjera, siendo desestimados o aprobados por el Comité Permanente de Normalización, en mérito a resultado de proceso de discusión pública (Zúñiga, 2017).

2.2.8. Jurisprudencia de Tribunal de Fiscalización Ambiental

Mediante Resolución N° 009-2017-OEFA/TFA-SEPIM, se confirma el pronunciamiento de primera instancia recaída en la Resolución Directoral N° 040-2016-OEFA/DS de fecha 27 de diciembre del 2016, ante la denuncia formulada por los pobladores del Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe contra la Empresa Metalexacto por presunta contaminación ambiental, donde se precisa que debían tomarse las medidas preventivas, sustentándose en los siguientes argumentos, i) Que el administrado debió emplear el Método EPA 5 o EPA 17 para determinar el material particulado, los cuales no puede realizarse cuando el flujo es ciclónico o de turbulento y, b) que el diámetro de la chimenea sea menor a 0.30 m, sin embargo, de los monitoreos presentados en el 2015 se observó que la chimenea habría cumplido con los métodos, información divergente al realizarse la acción de supervisión especial por OEFA en el 2016 donde se identificó que la chimenea es menor 0.30 m, por lo tanto, no es posible validar los resultados obtenidos, es necesario observar los instrumentos de gestión ambiental. (Tribunal de Fiscalización Ambiental, 2017).

2.2.9. Enderezador de flujo

Llamado “panel de abejas” o enderezador de flujo son celdas tipo malla, donde el flujo de aire atraviesa a cada una de las celdas, con la finalidad disminuir la turbulencia (Muñoz, 2012). Existen diversas opciones para convertir un flujo turbulento o ciclónico en laminar; para ello, se debe instalar en el recorrido del flujo, un acondicionador o enderezador, con la finalidad de cambiar su movimiento con el impacto en cada celda. La importancia de elegir una de estas opciones radica en las características geométricas y el impacto del flujo de aire sobre cada una de las celdas (Grisales y Ceballos, 2019). En la norma 40 CFR Part. 60 Appendix A, Method 5D-EPA, en el ítem 8.1.2. propone, la instalación de enderezadoras de flujo tipo “caja de huevos” como una opción para el cumplimiento de los requisitos planteados en el Method 1-EPA.

2.2.10. Protocolos de emisiones

El Ministerio de la Producción a través de la Resolución Ministerial 194-2010-PRODUCE ha emitido el Protocolo para el Monitoreo de Emisiones Atmosféricas y de calidad de Aire donde precisa que, el protocolo es una guía de procedimiento que sirve como apoyo a las

empresas consultoras y laboratorios acreditados por INACAL y autorizado por el Ministerio de Producción-PRODUCE, para el diseño e implementación de los Programas de Monitoreos de Emisiones en las empresas que desarrollan la actividad económica de pesca, específicamente a la producción de harina, aceite de pescado y harina de residuos hidrobiológicos. En esta guía se describe las metodologías para la medición y cuantificación de las emisiones atmosféricas, considerando métodos referenciales internacionales planteados por la EPA, y considerando los métodos alternativos nacionales denominados NTP, esta última tiene su base técnicamente en lo planteado por la EPA (Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas y de calidad de aire de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y de Harina de Residuos Hidrobiológicos, 2010).

2.2.11. Instrumentos de gestión ambiental-IGA

La Ley Nro. 27446 denominada “Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental” indica que, toda persona natural o jurídica que desarrolle un proyecto de inversión de una actividad económica que genere impacto negativo significativo al entorno ambiental, debe asumir su responsabilidad ambiental, desarrollando planes para prevenir, mitigar, corregir, compensar y afrontar el impacto resultante sobre el ambiente. Asimismo, los instrumentos de gestión ambiental o estudios ambientales, promueven las buenas prácticas ambientales, en este sentido el OEFA, mediante su sistema de régimen de incentivos, otorga incentivos honoríficos y económicos a quienes cumplen con los compromisos ambientales. Los instrumentos de gestión pueden ser los siguientes: Evaluación Preliminar (EVAP), Declaración de Impacto Ambiental (DIA), Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd), Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d), Informe Técnico Sustentatorio (ITS), Declaración de Adecuación Ambiental (DAA), Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), Plan de cierre (Ley 27446, 2001).

2.2.12. Muestreo isocinético

El muestreo isocinético es la toma de muestra representativa en chimeneas o ductos, que se realiza a través de un equipo isocinético, donde la muestra es tomada por una boquilla. En el equipo isocinético se replican las mismas condiciones de velocidad de la salida del flujo de gases y partículas de la chimenea o ducto, con la finalidad de minimizar errores en la toma de muestra, para realizar este método se requiere conocer los métodos y procedimientos

de la 40 CFR Part. 60 Appendix A de la EPA y la NTP 900.005.2021 “Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias” (Damián, 2018).

2.2.13. Verificación de flujo ciclónico

Según la NTP 900.001:2021, indica: La salida del flujo de la chimenea, no siempre es paralela a la fuente, hay escenarios donde el flujo que se emite por la chimenea, es ciclónico o turbulento, ya sea por las características de la chimenea, la ubicación del punto de muestreo cercano a los lavadores de gases, o porque el ingreso del flujo hacia la fuente es de forma tangencial, generando remolinos. Para estos casos se debe realizar la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico de la siguiente manera: i.) Nivelar y poner en cero el manómetro. ii) Conecte el tubo Pitot tipo S al manómetro para la lectura del diferencial de presión (Δp). iii) Coloque el tubo Pitot tipo S en cada punto transversal, en secuencia, de manera tal que las aberturas del Tubo Pitot tipo S, sean perpendiculares a la sección transversal de la chimenea, esta posición es la referencia 0° . iv) Si la lectura en el manómetro es diferente de 0, gire el Tubo Pitot tipo S (Ángulo de desviación de $\pm 90^\circ$), hasta obtener una lectura de 0 en el manómetro. v). Registrar el ángulo de rotación en cada punto transversal. vi) Promediar los valores absolutos del ángulo de rotación, incluyendo los que obtuvo 0° . vii) Si el valor del ángulo promedio es mayor que 20° , entonces el flujo en la chimenea o ducto, es ciclónico o turbulento (INACAL, 2021).

2.2.14. Determinación de emisión de material particulado en fuentes estacionarias

Según la NTP 900.005.2021, precisa que, para la aplicación de la metodología para determinar las emisiones de material particulado en fuentes fijas, se debe cumplir con los requisitos planteados en los Method 1-EPA, Method 2-EPA y Method 3-EPA, cabe precisar que las NTP 900.005:2021 tienen como antecedentes las metodologías planteadas en los Method-EPA. tal como se presenta en la Tabla 1. En ese sentido, para la aplicación de la NTP 900.005:2021, se debe cumplir con los requisitos planteados en las NTP 900.001:2021, NTP 900.002:2021 y NTP 900.003:2021. Cabe señalar que la aplicación de los métodos es de manera consecutiva (INACAL, 2021).

Tabla 1*Antecedentes de la NTP 900.005:2021*

40 CFR Part. 60 Appendix A	NTP
<i>Method 1 – EPA. Sample and velocity traverses for stationary sources</i>	NTP 900.001:2021. Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias.
<i>Method 2 – EPA. Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (Type S pitot tube)</i>	NTP 900.002:2021. Determinación de la velocidad y el flujo volumétrico en gases de chimenea (Tubo Pitot tipo S)
<i>Method 3 – EPA. Gas analysis for carbon dioxide, oxygen, excess air, and dry molecular weight.</i>	NTP 900.003:2021. Análisis de gas para la determinación del peso molecular en base seca.
<i>Method 4 – EPA. Determination of moisture content in stack gases.</i>	NTP 900.004:2021. Determinación del contenido de humedad en gases de chimenea.
<i>Method 5 – EPA. Determination of particulate emissions from stationary sources.</i>	NTP 900.005:2021. Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias.

Nota. Elaboración propia a partir Instituto Nacional de Calidad (2021). Norma Técnica Peruana para Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias - NTP 900.005. 2021.

2.2.15. Informe de ensayo

Es un formato o documento oficial de carácter técnico, científico y legal, donde se plasman los resultados de análisis de muestras, además de los procedimientos que implican tanto el muestreo en campo y el análisis en el laboratorio. Es expedido por los laboratorios de análisis que se encuentran debidamente acreditada bajo la norma ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, en ese sentido, los laboratorios que se encuentran acreditados bajo dicha norma deben contar con analistas que demuestren tener conocimiento técnico (Aguirre, 2022). Asimismo, es el INACAL el ente rector, que faculta a los laboratorios en la emisión de informes de análisis ambiental.

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1. Metodología de la solución

La metodología utilizada es la planteada en el ítem 8.1.2 del Method 5D-EPA, donde se precisa el procedimiento cuando la chimenea no cumple los requisitos del Method 1-EPA. Dicha metodología, que consiste en realizar una rejilla con paletas, tipo caja de huevos, el tamaño de la rejilla es del 20% del diámetro de la chimenea y la altura de las paletas será del 40 % del diámetro de la chimenea, está comprendida por la siguiente frase: “*Short Stacks Not Meeting Method 1 Criteria. Use stack extensions and the procedures in Method 1. Alternatively, use flow straightening vanes of the “egg-crate” type (see Figure 5D-1)*”

3.2. Desarrollo de la solución

Para resolver el problema presentado en este informe, se abordaron los objetivos específicos de la siguiente manera:

3.2.1. Evaluación técnica in situ de las características de la chimenea o ducto del ciclón de ensaque de la planta pesquera

Se realizaron las coordinaciones previas con el personal encargado de planta para la visita técnica *in situ*, con la finalidad de identificar aspectos básicos para la solución problemática suscitada, e identificar las características de la chimenea o ducto, como:

- Ubicación del punto de muestreo en la chimenea.
- Material de la chimenea o ducto.
- Acceso al punto de muestreo.
- Identificar puntos de energía cercanos.
- Espacio para realizar los trabajos y maniobras.

Figura 5

Medición del punto de muestreo



Nota. Elaboración Propia

3.2.2. Caracterizar el flujo que se tiene en la chimenea o ductos del ciclón de ensaque de la planta pesquera.

Posteriormente, se realizaron las acciones para caracterizar el flujo presente en la chimenea, mediante la identificación de la velocidad del flujo, y determinar el tipo de flujo del gas (turbulento o ciclónico) mediante la verificación de flujo ciclónico a fin determinar el ángulo promedio. Esta información, permite establecer el tipo de material a emplear en el enderezador de flujo, que es esencial para materializar la metodología a ejecutar frente a la problemática suscitada.

Es de precisar, que para la medición en el ciclón de ensaque se utilizaron los métodos de referencia 40 CFR Apéndice A-1 Part. 60 Method 1–EPA. *Sample and velocity traverses for stationary sources* y NTP 900.001:2021-“Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias”. Asimismo, para determinar la velocidad y flujo volumétrico se emplearon el método NTP 900.002:2021-“Determinación de la velocidad y flujo volumétrico en gases de chimenea (Tubo Pitot tipo S)” y 40 CFR Apéndice A-1 Part. 60 Method 2-EPA *Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (Type S Pitot Tube)*, siendo estos métodos citados en el protocolo

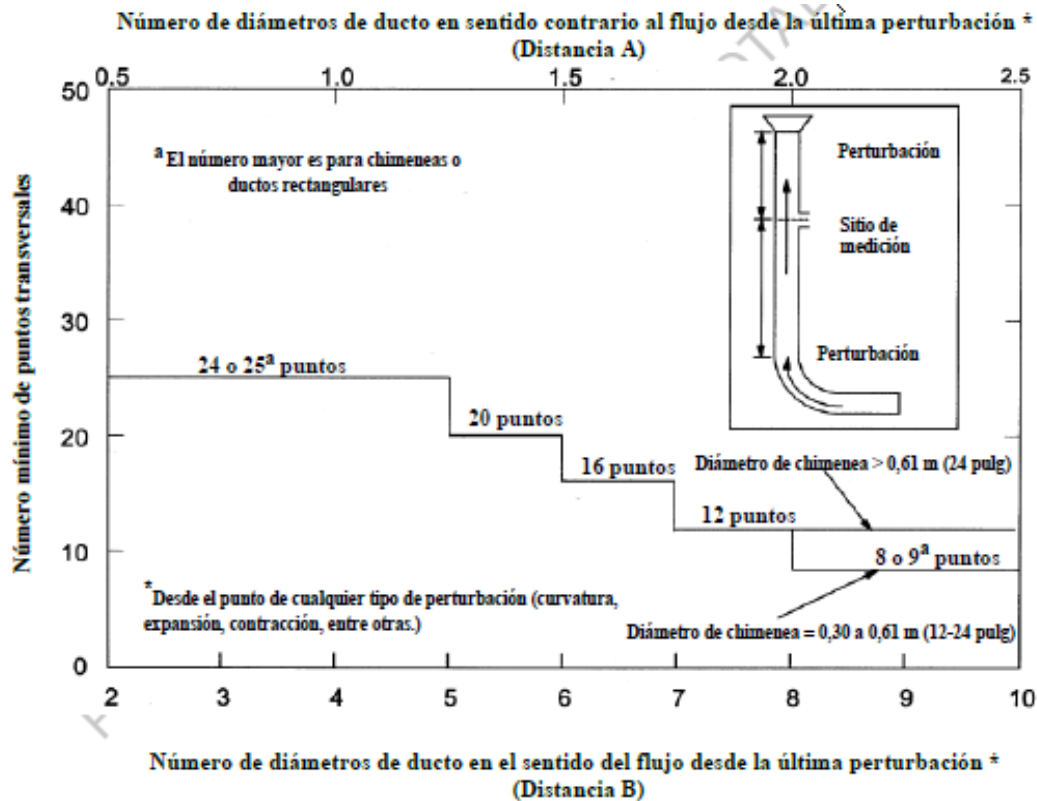
vigente del sector pesca. El equipo empleado en la medición de flujo ciclónico y velocidad, son equipos que cumplen las especificaciones de la NTP 900.002:2021, y consta de las siguientes partes que se describen a continuación:

- Tubo de Pitot tipo S: Tubo de Pitot es de tubo metálico (por ejemplo, acero inoxidable) cumpliendo el ítem 5.1 de la NTP 900.002:2021.
- Manómetro diferencial: La mayoría de los trenes de muestreo están equipados con un manómetro inclinado-vertical de 10 pulgadas (columna de agua), con divisiones de 0,01 pulgadas de H₂O en la escala inclinada que va de 0 a 1 pulgadas y divisiones de 0,1 pulgadas de H₂O en la escala vertical que va de 1 a 10 pulgadas, cumpliendo con el ítem 5.2 de la NTP 900.002:2021.
- Medidor de temperatura: Se debe utilizar una termocupla u otro indicador capaz de medir temperaturas con un margen de error de 1,5 % de la temperatura mínima absoluta de la chimenea”. cumpliendo con el ítem 5.3 de la NTP 900.002:2021.
- Barómetro: Puede utilizarse un barómetro de mercurio, aneroide, u otro barómetro capaz de medir la presión atmosférica con un margen de error de 2,54 mm de Hg (0,1 pulgada de Hg)”, cumpliendo con el ítem 5.5 de la NTP 900.002:2021.
- Funiculo o bramante umbilical: También llamado conductor, que tiene como finalidad la conexión entre la consola de control y el sistema de tren de muestreo, estando compuesto por ilaciones eléctricas debidamente protegidas.
- Inclínómetro: Medidor de ángulo de 0° a 360°.
- **Determinación de los puntos transversales**

Para determinar el número mínimo de puntos transversales en la chimenea, se divide la sección transversal en áreas iguales, siendo el centro de cada área el punto donde se realizará la toma de muestra. Esto se obtiene empleando la Figura 6. Para este caso en particular, se trabajó con 24 puntos transversales, además de 16 puntos transversales como referencia.

Figura 6

Número mínimo de puntos transversales



Nota. Adaptado de Figura -1 a partir de la información obtenida del Instituto Nacional de Calidad (2021). Norma Técnica Peruana respecto a Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias – NTP 900.001.2021.

- **Localización de los Puntos de Muestreo**

Obtenida la cantidad de puntos transversales, se debe realizar el cálculo para la ubicación de los puntos de muestreo en cada parte de la sección transversal, usando la figura 7, donde indica a que porcentaje estará ubicado el punto de muestreo, en cada punto transversal.

Figura 7

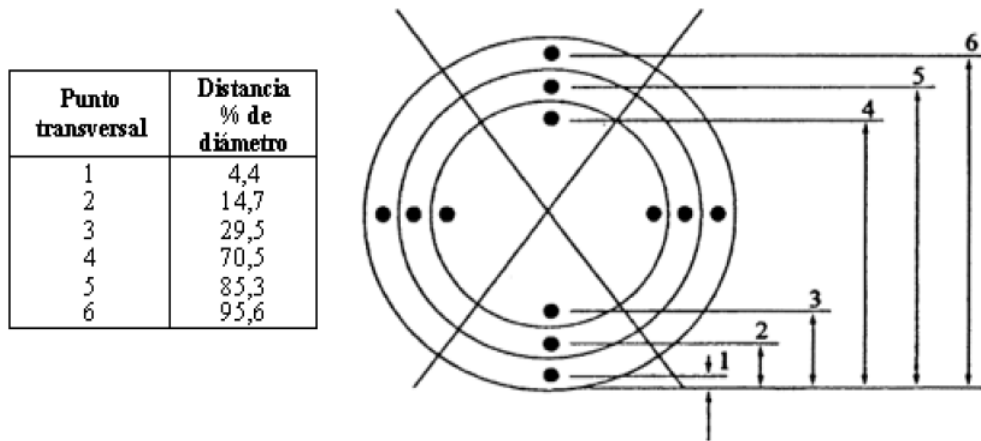
Localización de los puntos de recorrido en la chimenea o ducto.

Número de puntos de recorrido en un diámetro	Número de puntos de recorrido en un diámetro											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	14.6	6.7	4.4	3.2	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
2	85.4	25.0	14.6	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9	3.5	3.2
3		75.0	29.6	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7	6.0	5.5
4		93.3	70.4	32.3	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7	8.7	7.9
5			85.4	67.7	34.2	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9	11.6	10.5
6			95.6	80.6	65.8	35.6	26.9	22.0	18.8	16.5	14.6	13.2
7				89.5	77.4	64.4	36.6	28.3	23.6	20.4	18.0	16.1
8				96.8	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0	21.8	19.4
9					91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6	26.2	23.0
10					97.4	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8	31.5	27.2
11						93.3	85.4	78.0	70.4	61.2	39.3	32.3
12						97.9	90.1	83.1	76.4	69.4	60.7	39.8
13							94.3	87.5	81.2	75.0	68.5	60.2
14							98.2	91.5	85.4	79.6	73.8	67.7
15								95.1	89.1	83.5	78.2	72.8
16								98.4	92.5	87.1	82.0	77.0
17									95.6	90.3	85.4	80.6
18									98.6	93.3	88.4	83.9
19										96.1	91.3	86.8
20										98.7	94.0	89.5
21											96.5	92.1
22											98.9	94.5
23												96.8
24												99.9

Nota. Adaptado de Tabla 2, a partir de la información del Instituto Nacional de Calidad (2021). Norma Técnica Peruana para la Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias – NTP 900.001.2021.

Figura 8

Sección transversal dividido en áreas iguales



Nota. Adaptado de Figura 2, a partir de la información del Instituto Nacional de Calidad (2021). Norma Técnica Peruana para Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias – NTP 900.01.2021.

Es así, que la medición de flujo ciclónico y la velocidad del flujo en la chimenea del ciclón de ensaque, se realizó por el laboratorio de ensayo ENVIROTEST SAC, laboratorio

debidamente acreditado por el INACAL, siguiendo los procedimientos descritos en la EPA, NTP y procedimientos de muestreo del laboratorio. Los resultados obtenidos en la verificación del flujo ciclónico fueron: un ángulo promedio de 69° (ver Apéndice 2 Tabla 3), según la NTP 900.001.2021, considerando que el ítem 7.4.2, indica que el ángulo promedio debe ser menor a 20° para que la condición de la chimenea sea aceptable. Por lo expuesto, no se realizó la medición de la velocidad del gas debido a que, al tener un flujo turbulento o ciclónico, y no se continuó con la aplicación de los métodos descritos en la NTP 900.002:2021. “Determinación de la velocidad y flujo volumétrico en gases de chimenea (Tubo Pitot tipo S)” y *40 CFR Apéndice A-1 Part. 60 Method 2 - EPA Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (Type S Pitot Tube)*.

3.2.3. Adecuar e instalar enderezador de flujo en la chimenea del ciclón de ensaque utilizados en la industria pesquera.

El diseño de los enderezadores se realizó sobre un plano con el software AutoCAD siguiendo los lineamientos planteados en el en la Figura 5D-1, del Method 5D- EPA con las medidas del ciclón de ensaque de la planta pesquera (ver apéndice 4). En el mercado existen diversos tipos de producto para el diseño, se eligió el material con mayor afinidad para su adhesión al material de la chimenea, considerando que debía ser soldado en la base de la chimenea, a dos diámetros hacia abajo del punto de muestreo. En la Figura 9, se muestra la preparación del enderezador de flujo que se instaló en la chimenea del ciclón de ensaque, para lo cual, se contrató personal técnico especializado en soldadura, para la fabricación del enderezador de flujo, en base al diseño previamente proporcionado con las especificaciones técnicas.

Figura 9

Fabricación del enderezador de flujo.



Nota. Elaboración Propia

Teniendo el enderezador de flujo fabricado, se programó la instalación en la chimenea de la planta. Es así que antes de iniciar con el proceso de instalación del enderezador de flujo se realizó el llenado de permisos, y otros documentos de seguridad de la planta pesquera, tal como indica en la Figura 10.

Figura 10

Evaluación médica del personal encargado de la instalación del enderezador

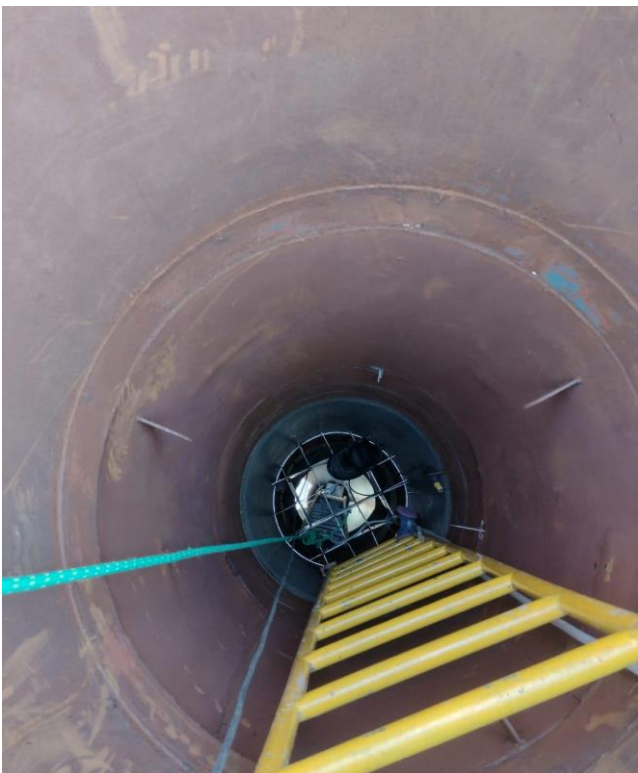


Nota. Elaboración Propia

La instalación del enderezador de flujo se realizó en la base de la chimenea del ciclón de ensaque. Cabe señalar que, para mayor comodidad de las maniobras en la instalación, el enderezador fue dividido en dos partes para luego ser unido. Además, se realizaron trabajos de soldadura para unir el enderezador con la chimenea tal como se muestra en la Figura 11. La instalación del enderezador de flujo se realizó aguas abajo, a más de 2 diámetros del punto de muestreo, para cumplir con los requisitos planteados en la NTP 900.001:2021 que, en el ítem 7.1.1 indica dos diámetros en el sentido contrario al flujo desde la última perturbación. En tal sentido se debe instalar el enderezador teniendo en consideración la distancia hacia el punto de muestreo.

Figura 11

Instalación del enderezador de flujo



Nota. Elaboración propia

3.2.4. Obtener un informe de ensayo emitido por un laboratorio acreditado donde se precise el cumplimiento de los requisitos planteados en la NTP 900.001.2021

Habiendo instalado adecuadamente los enderezadores, el laboratorio de análisis ambiental

realizó las pruebas de verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico, siguiendo los procedimientos y métodos descritos en la *40 CFR Apéndice A-1 Part. 60 Method 1– EPA. Sample and velocity traverses for stationary sources* y NTP 900.001:2021 “Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias”. Se realizaron 3 pruebas en 16 puntos transversales (ver Apéndice 3 Tabla 4, 5 y 6); 3 pruebas en 24 puntos transversales (ver Apéndice 3 Tabla 7, 8 y 9) obteniendo como resultado, un ángulo promedio en los 16 puntos transversales es de 18,6° (ver Apéndice 3 Figura 12). En las pruebas de 24 puntos transversales se obtuvo un ángulo promedio de 18,6° (ver Apéndice 3, Figura 13) obteniendo una chimenea con una condición “aceptable”, de esta manera se puede continuar con aplicación de los siguientes métodos planteados en la NTP 900.002:2021 Determinación de la velocidad y flujo volumétrico en gases de chimenea (Tubo Pitot tipo S) y *40 CFR Apéndice A-1 Part. 60 Method 2-EPA Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (Type S Pitot Tube)*. Para la medición de velocidad se realizaron mediciones de presión estática y dinámica o presión de impacto en la chimenea (Δp). A su vez se realizó la medición de la temperatura para cada uno de los puntos transversales determinados en el Method 1-EPA. Con estos parámetros se procedió a calcular la velocidad promedio del gas en la chimenea mediante la siguiente ecuación (1):

$$\text{Ecuación (1)} \quad V_s = K_p C_p \left[\frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta p_i}}{n} \right] \sqrt{\frac{T_{s(abavg)}}{P_s M_s}}$$

Donde:

V_s = Velocidad promedio del gas en la chimenea, m/s

C_p = Coeficiente tubo pitot, adimensional = 0,84

Δp = Presión de velocidad en chimenea, in H₂O

$T_{s(abavg)}$ = Temperatura absoluta promedio de los gases en chimenea, °C

K_p = Constante de ecuación de velocidad

n = Número total de puntos transversales.

P_s = Presión absoluta de chimenea ($P_{bar} + P_g$), mm de Hg

M_s = Peso molecular del gas de la chimenea, base húmeda, g / g-mol

Nota. Adaptado de Ecuación 7, Velocidad promedio del gas en la chimenea de la información de la Norma Técnica Peruana (2021) respecto a la Determinación de la velocidad y flujo volumétrico en gases de chimenea – NTP 900.002.2021

Obteniendo la información en campo, el laboratorio realizó sus procedimientos de gabinete: ingreso de cadena de custodia (ver Apéndice 6), elaboración de informe de ensayo, para luego el laboratorio emitir el Informe de Ensayo Nro. 232420 (ver Apéndice 5), validando así el cumplimiento de los Method 1 y 2 y NTP 900.001.2021 y 900.002.2021.

Finalmente, las actividades realizadas y ejecutadas durante el proceso de implementación e instalación del enderezador de flujo, se encuentra detallado en un cronograma (ver Apéndice 9).

3.3 Factibilidad técnica-operativa

La necesidad de implementar el método ante la problemática suscitada en este sector, involucró la intervención de diversos actores, requiriendo, esencialmente la pericia o experiencia técnica de expertos para materializar una solución descrita en los métodos de la EPA. Con la finalidad de reducir las consecuencias que podría ocasionarse tanto para las empresas del sector pesca o industriales como para salud de las personas o sectores colindantes, requiriéndose, así que los expertos tengan conocimientos previos en análisis ambiental, principalmente en muestreo de emisiones atmosféricas, específicamente profesionales técnicos y especializados que requerían conocer previamente de los métodos, lineamientos, procedimientos establecidos en los protocolos de emisiones, normativa nacional e internacional conocidos como EPA y NTP de vital importancia por ser métodos secuenciales, dependiendo uno de otro. Asimismo, la instalación del enderezador de flujo, permitió conseguir un flujo laminar en la salida de las chimeneas, y con ello la toma de muestras con métodos isocinéticos.

Es de precisar que, para la implementación de enderezador de flujo, se requirió un conjunto de materiales, principalmente de acero inoxidable, siendo un tipo de material que facilitó su adhesión a la chimenea o ducto de la planta pesquera. Un factor importante, para la factibilidad técnica, fue conseguir un costo adecuado y proporcional al del mercado, con la finalidad de proporcionar una solución oportuna y acorde a las directrices establecidas en la normativa.

3.4 Cuadro de inversión

Tabla 2

Cuadro de Inversión

EMPRESA:		RESERVADO POR EL CLIENTE				
NOMBRE DEL SERVICIO:		INSTALACIÓN DE ENDEREZADOR DE FLUJO				
Concepto	Cantidad	Unidad	Participación	DÍAS/ HORAS	Costo Unit.	Costo Total
1. Elaboración del expediente y/o informe						
Especialista ambiental	1	Mensual	100%	10	150,00	1.500,00
2. Trabajo de campo						
Personal de campo	3	Unidad	100%	4	150,00	1.800,00
Alquiler de camioneta	1	Unidad	100%	4	350,00	1.400,00
Alimentación	3	Unidad	100%	4	55,00	660,00
Trabajos de soldadura	1	Unidad	100%	1	700,00	700,00
3. Equipos y materiales						
A. Costos de muestreos/laboratorio						
Análisis de emisiones epa 2	2	Unidad	100%	1	450,00	900,00
B. Equipamiento						
Planchas de acero inoxidable	1	Unidad	100%	1	1.500,00	1.500,00
Fabricación del enderezador	1	Unidad	100%	1	700,00	700,00
4. Otros						
Seguros SCTR Pensión + Salud	3	Mensual	100%	1	50,00	150,00
Materiales de escritorio	1	Unidad	100%	1	20,00	20,00
Impresión de los entregables	1	Unidad	100%	1	100,00	100,00
EPPs	3	Unidad	100%	1	100,00	300,00
					Costo Total	9.730,00
					IGV 18%	1.751,40
					Total	11.481,40

Nota. Elaboración propia

La implementación de este diseño de enderezador de flujo requirió cubrir gastos de tipo operacional y administrativos, como los honorarios del personal experto encargado del diseño, fabricación, ejecución de la implementación de los enderezadores, quienes debían acudir al lugar donde se encuentra la planta pesquera con su personal de operaciones para realizar las mediciones, y procedimientos necesarios para la implementación en campo, generando gastos fijos y variables. Asimismo, el personal debía contar con un seguro complementario de trabajo, como lo precisa la norma de Seguridad para el Trabajo en actividades de riesgo conocido como SCTR. Es de precisar, que los equipos y materiales empleados y/o utilizados para la implementación fueron elegidos considerando el tipo de material de la chimenea o ducto, caso contrario, se hubiera presentado problemas para adherirse. Finalmente, la cotización brindada a la empresa incluía el trabajo realizado por el laboratorio, quien participó desde actos previos de visitas a la planta hasta la verificación del flujo luego de la instalación del enderezador de flujo.

IV. ANÁLISIS CRÍTICO

La problemática suscitada y motivo principal del presente informe permite deducir que los resultados obtenidos a partir de la implementación del enderezador de flujo se plasman en los informes de ensayo, realizados periódicamente o cuando así lo requieran las entidades de fiscalización en cumplimiento de los compromisos ambientales, principalmente, en circunstancias en donde una empresa o industria se mantiene incumpliendo las directrices o lineamientos de los métodos vigentes dentro de la normativa ambiental y el “Protocolo para el monitoreo de emisiones atmosférica y calidad de aire” de la RM 194-2010 PRODUCE; caso contrario, ameritaría una inmediata sanción administrativa por parte de los organismos de fiscalización.

En consecuencia, se precisa que se realizó previamente el muestreo en el ciclón de ensaque, por un laboratorio acreditado, tal como menciona la normativa vigente, sin embargo, al realizarse este muestreo por el laboratorio ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY, se observó que el ducto o chimenea, no cumplía con los requisitos para la realización de muestreo isocinético, en donde se requiere ejecutar secuencialmente los métodos establecidos en el Method 1-EPA, Method 2-EPA, Method 3-EPA, Method 4-EPA, Method 5-EPA, no observándose un flujo laminar, sino por el contrario, turbulento o ciclónico; por tan razón, se informa al administrado que debía realizar la implementación de correctores de flujo a fin de evitar sanciones administrativas de los entes de fiscalización.

Es así como, la implementación del enderezador de flujo permitió obtener: i) flujo laminar, ii) el ángulo promedio menor a 20° establecido por la NTP 900.001.2021, iii) mantener la aplicación secuencial en la metodología establecida para el muestreo isocinético.

V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA

Como autor, debo indicar que la implementación del enderezador de flujo es una medida correctiva y preventiva, que permite a las empresas pesqueras en general evitar futuros procedimientos administrativos sancionadores por los entes de fiscalización ambiental, principalmente por la OEFA, entendiéndose que tienen facultades amplias para fiscalizar, sancionar ante cualquier incumplimiento de los métodos descritos en el Protocolo 194-2010 – PRODUCE.

Finalmente, desde la perspectiva normativa-técnica, permite materializar y ejecutar las soluciones técnicas brindadas por expertos y cumplir los objetivos de las normativas ambientales específicamente direccionadas al muestreo de emisiones, ante situaciones observables por entidades de fiscalización y aprobadas por la normativa nacional e internacional como los NTP y EPA, como sucedió en este particular.

VI. CONCLUSIONES

- Se evidencia la efectividad de la implementación del enderezador de flujo, como medida correctiva técnicamente descrita en el Method 5D-EPA en chimenea que presentan un flujo turbulento o ciclónico al reducir el ángulo promedio de 69° a 18, 6° en la verificación de flujo de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.
- Es esencial la evaluación técnica *in situ* de las características físicas de la chimenea o ducto del ciclón de ensaque de la planta pesquera, pues permite recabar información importante del tamaño, material, lugar y personal para la implementación óptima del enderezador de flujo.
- Realizar la verificación de flujo ciclónico antes de la instalación del enderezador de flujo nos permite conocer el ángulo promedio del flujo que se emite por la chimenea o ductos del ciclón de ensaque, y con ello plantear el tipo de diseño y material de fabricación del enderezador de flujo.
- Con la instalación del enderezador de flujo en la chimenea del ciclón de ensaque, se logra obtener un flujo laminar como acción correctiva, y con esto permitir la aplicación secuencial de los métodos descritos en la NTP 900.005.2021. “Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias”. Y como resultado de ello, se obtienen informes de ensayo emitidos por laboratorio, debidamente acreditados por el INACAL.

VII. RECOMENDACIONES

- Actualización el Protocolo de emisiones atmosféricas, e implementación en la Normativa Técnica Peruana, de manera específica para circunstancias de la presencia de flujos ciclónicos, y la actuación inspectiva de las autoridades de fiscalización y laboratorios.
- Que los laboratorios implementen mecanismos de estudios de verificación de presencia o ausencia de flujo ciclónico en sector pesca.
- Que las empresas realicen el mantenimiento de los enderezadores de manera periódica del enderezador de flujo.

REFERENCIAS

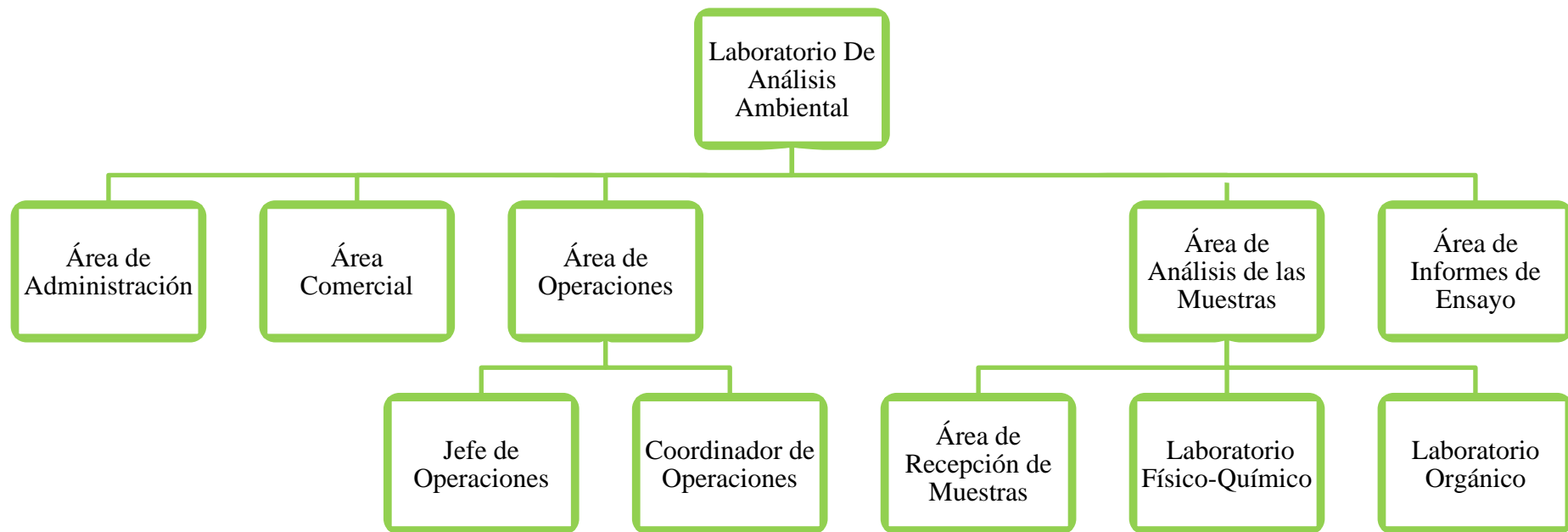
- Adana, D. (2013). La Fiscalización Ambiental en el Perú: Orígenes, Estado Actual y Perspectivas Futuras. *Derecho & Sociedad*, (41), 323-340. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/12783>.
- Aguirre, D. A. (2022). Proceso de habilitación del analista de ensayo microbiológico para productos congelados de *Dosidicus gigas* (pota) en un laboratorio con acreditación ISO/IEC 17025:2017. [Tesis de grado, Universidad Cayetano Heredia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/11345>.
- Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., y Sknarina, S. F. (2006). *Mecánica de fluidos: Fundamentos y Aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana.
- Damián, E. (2018). *Determinación de material particulado en fuentes fijas a través del muestreo isocinético utilizando la metodología (EPA5) realizado en el horno de fusión área de ensayo al fuego de la empresa CERTIMIN S.A.* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5752>.
- Environmental protection agency (2016). 40 CFR Part. 60 Appendix A-1, Method 1 – EPA. Sample and velocity traverses for stationary sources.
- Environmental protection agency (2016). 40 CFR Part. 60 Appendix A-1, Method 2 – EPA. Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (Type S pitot tube).
- Environmental protection agency (2016). 40 CFR Part. 60 Appendix A-3, Method 5 – EPA. Determination of particulate emissions from stationary sources.
- Filace, R.; Raviculé, M.; Sacabino, A. y Bacchi, F. (octubre 30 – noviembre 2, 2012). *Estudio fluido dinámico de gases en chimeneas de calderas*. [Conferencia]. III Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación, Buenos Aires, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97757>.

- Grisales, J. y Ceballos, M. (2019). *Diseño de acondicionador de flujo para chimenea de atomización en proceso cerámico*. [Tesis de grado, Instituto Tecnológico Metropolitano]. <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/23>.
- Instituto Nacional de Calidad. (2021). NTP 900.001:2021. Determinación de puntos transversales de muestreo para la medición de velocidad en fuentes estacionarias. 2ª Edición. 09 de diciembre 2021.
- Instituto Nacional de Calidad. (2021). NTP 900.002:2021. Determinación de la velocidad y el flujo volumétrico en gases de chimenea (Tubo Pitot tipo S). 2ª Edición. 09 de diciembre 2021.
- Instituto Nacional de Calidad. (2021). NTP 900.005:2021. Determinación de emisiones de material particulado en fuentes estacionarias. 2ª Edición, 23 de diciembre 2021.
- Ley 27446 de 2001. Por el cual se expide el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental. 20 de abril 2001. D.O. 201755- 201758. El Peruano.
- Ley 29325 de 2009. Por el cual se expide el Sistema de Evaluación Y fiscalización Ambiental. 1 de marzo de 2009. D. O. 391802 – 391806. El Peruano.
- López, M. I. (2020). Las Normas Técnicas. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Comisión Nacional de Energía Atómica, 2, 321-322.
- Medina, J. Y Vargas, C. (2018). Implementación de un Sistema de Tratamiento de Agua de Pozo Mediante Osmosis Inversa para la empresa de productos lácteos “El Ganadero” de la parroquia Pucayacu Cantón La Mana. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5398>.
- Montijo-Valenzuela, E. E. (2021). Diseño y Validación de un Ciclón Stairmand Destinado al Filtrado Parcial de Material Particulado. *Revista Docentes 2.0*, 11(1), 80–88. <https://doi.org/10.37843/rtd.v11i1.196>.

- Muñoz, A. (2012). Diseño y análisis computacional para túnel de viento de baja velocidad. [Tesis de grado, Universidad Carlos III de Madrid]. <http://hdl.handle.net/10016/15901>.
- Parker, A. (2021). Contaminación del aire por la industria. Editorial Reverté S.A. ISBN: 978-84-291-7464-9.
- Pilay, D. y Gavidia, L. (2020). *Estudio y Diseño de un Ciclón para el Control de Partículas para una Empresa Productora de Libros en la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19120>.
- Porta, A; Sanchez, E. y Colman, Y. (2018). Calidad del aire, Monitoreo y modelamiento de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública. <https://doi.org/10.35537/10915/73756>.
- Resolución Consejo Directivo 6 de 2019. [Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental]. Por la cual se aprueba el Reglamento de supervisión. 15 de febrero de 2019. <https://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/Resoluci%C3%B3n-N%C2%B0-006-2019-OEFA-CD-Reglamento-de-Supervisi%C3%B3n-del-OEFA-Versi%C3%B3n-El-Peruano.pdf>.
- Resolución Ministerial 194 de 2010. [Ministerio de la Producción]. Por la cual se aprueba el Protocolo para el Monitoreo de Emisiones Atmosféricas y de Calidad de Aire de la Industria de Harina y Aceite de Pescado y de Harina de Residuos Hidrobiológicos. 4 de agosto de 2010. <https://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2010/agosto/rm194-2010-produce.pdf>.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (2005). La Norma Técnica. Informe quincenal de la snmpe. Julio II.
- Zúñiga S. (2017). Las normas técnicas en el Perú: marco teórico y legal. Foro Jurídico, (16), 194-204. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/forojuridico/article/view/19871>.

APÉNDICES

Apéndice 1. Organigrama de la empresa



Nota. Elaboración propia

Apéndice 2. Resumen de los resultados de la evaluación de flujo ciclónico, previo a la instalación del enderezador de flujo

Tabla 3

Verificación de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, en la caracterización del flujo de la Chimenea.



METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	04/04/2023
Hora:	16:35
Cliente:	RESERVADO
Lugar:	CALLAO
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados	
Meter N°	MON-90
Inclinometro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	65
1-2	65
1-3	70
1-4	84
1-5	62
1-6	72
1-7	65
1-8	57
2-1	70
2-2	73
2-3	55
2-4	88
2-5	71
2-6	74
2-7	71
2-8	75
Suma	1107
Numero de puntos	16
Promedio	69,19

CONSIDERACIONES

Si el Ángulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medicion
Si el Ángulo de desviación medio $\geq 20^\circ$ No es acepta la medicion

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICIÓN GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES INACEPTABLE, POR LO TANTO NO SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO POR QUE EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MAYOR A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVIROTEST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Apéndice 3. Resumen de los resultados de la evaluación de flujo ciclónico, luego de la instalación del enderezador de flujo

Tabla 4

Verificación de flujo ciclónico en 16 puntos transversales prueba # 1,



FQ-OPE-35
Página 1 de 1
PM-OPE-37
PM-OPE-29

METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023
Hora:	11:35
Cliente	RESERVADO
Lugar	CALLAO
Estación de muestreo	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados	
Meter N°	MON-90
Inclinometro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	18
1-2	15
1-3	5
1-4	5
1-5	10
1-6	30
1-7	35
1-8	40
2-1	30
2-2	10
2-3	0
2-4	0
2-5	5
2-6	18
2-7	35
2-8	35
Suma	291
Numero de puntos	16
Promedio	18,19

CONSIDERACIONES

Si el Ángulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medicion
Si el Ángulo de desviación medio $> 20^\circ$ No es acepta la medicion

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Tabla 5

Resumen de resultados de la medición de flujo ciclónico en 16 puntos transversales prueba # 2



FQ-OPE-35
Página 1 de 1
PM-OPE-37
PM-OPE-29

METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023
Hora:	15:10
Cliente:	RESERVADO
Lugar:	CALLAO
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados

Meter N°	MON-90
Inclinómetro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	18
1-2	16
1-3	8
1-4	5
1-5	10
1-6	32
1-7	34
1-8	36
2-1	34
2-2	11
2-3	0
2-4	0
2-5	0
2-6	21
2-7	39
2-8	37
Suma	301
Numero de puntos	16
Promedio	18,81

CONSIDERACIONES

Si el Angulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medición
Si el Angulo de desviación medio $> 20^\circ$ No es aceptada la medición

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Tabla 6

Resultados de la medición de flujo ciclónico en 16 puntos transversales, prueba # 3



METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023
Hora:	15:35
Cliente:	RESERVADO
Lugar:	CALLAO
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados	
Meter N°	MON-90
Inclinometro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	20
1-2	15
1-3	5
1-4	5
1-5	15
1-6	25
1-7	35
1-8	35
2-1	20
2-2	15
2-3	0
2-4	0
2-5	5
2-6	25
2-7	35
2-8	45
Suma	300
Numero de puntos	16
Promedio	18,75

CONSIDERACIONES

- Si el Ángulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medicion
- Si el Ángulo de desviación medio $> 20^\circ$ No es acepta la medicion

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Figura 12

Medición de flujo ciclónico en 03 pruebas en 16 puntos transversales

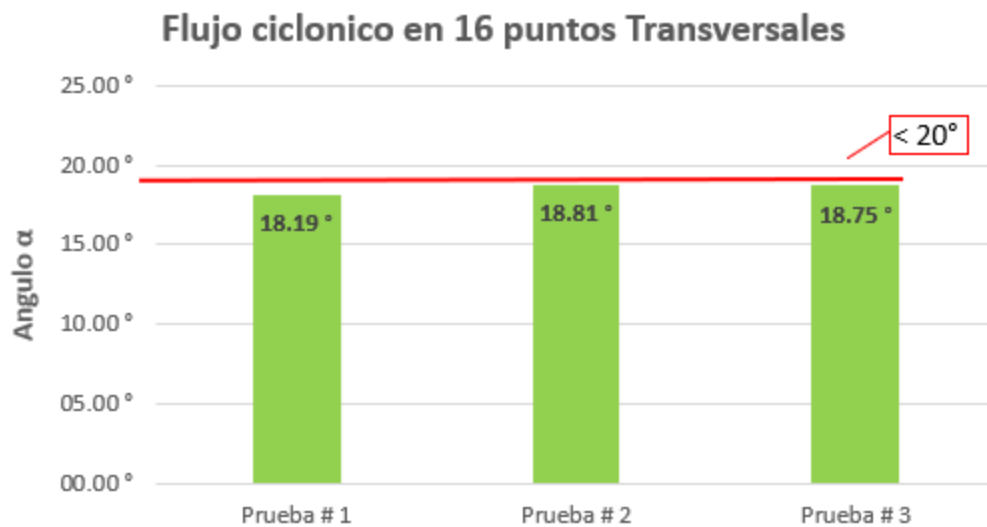


Tabla 7

Verificación de flujo ciclónico en 24 puntos transversales prueba # 1



METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023
Hora:	11:38
Cliente:	RESERVADO
Lugar:	CALLAO
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados

Meter N°	MON-00
Inclinometro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	0
1-2	20
1-3	20
1-4	5
1-5	5
1-6	5
1-7	5
1-8	28
1-9	28
1-10	30
1-11	37
1-12	45
2-1	27
2-2	25
2-3	10
2-4	5
2-5	0
2-6	0
2-7	0
2-8	25
2-9	15
2-10	30
2-11	35
2-12	38
Suma	438
Numero de puntos	24
Promedio	18,25

CONSIDERACIONES

Si el Angulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medición
Si el Angulo de desviación medio $> 20^\circ$ No es acepta la medición

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Tabla 8

Resultados de la medición de flujo ciclónico en 24 puntos transversales prueba # 2



FQ-0FE-35
Página 1 de 1
PM-0FE-37
PM-0FE-29

METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023
Hora:	15:16
Cliente:	RESERVADO
Lugar:	CALLAO
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE

Equipos utilizados

Meter N°	MON-00
Inclinometro	MON-219

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	0
1-2	20
1-3	20
1-4	10
1-5	5
1-6	5
1-7	5
1-8	30
1-9	25
1-10	35
1-11	38
1-12	40
2-1	25
2-2	20
2-3	10
2-4	5
2-5	0
2-6	0
2-7	5
2-8	20
2-9	20
2-10	35
2-11	38
2-12	37
Suma	448
Numero de puntos	24
Promedio	18,67

CONSIDERACIONES

Si el Angulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medición
Si el Angulo de desviación medio $> 20^\circ$ No se acepta la medición

Promedio : Suma / Numero de puntos

SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Tabla 9

Resumen de resultados de la medición de flujo ciclónico en 24 puntos transversales



METODO 1: VERIFICACION DE LA PRESENCIA O AUSENCIA DEL FLUJO CICLONICO

Fecha:	02/05/2023	Equipos utilizados
Hora:	15:39	Meter N° MON-90
Cliente:	RESERVADO	Inclinometro MON-219
Lugar:	CALLAO	
Estación de muestreo:	CICLON DE ENSAQUE	

Punto de Prueba	Angulo de desviación (grados)
1-1	0
1-2	25
1-3	20
1-4	13
1-5	5
1-6	5
1-7	5
1-8	28
1-9	25
1-10	25
1-11	35
1-12	35
2-1	20
2-2	35
2-3	8
2-4	5
2-5	0
2-6	0
2-7	5
2-8	25
2-9	24
2-10	31
2-11	42
2-12	38
Suma	464
Número de puntos	24
Promedio	18,82

CONSIDERACIONES

Si el Angulo de desviación medio $\leq 20^\circ$ Se acepta la medición
Si el Angulo de desviación medio $> 20^\circ$ No se acepta la medición

Promedio : Suma / Numero de puntos

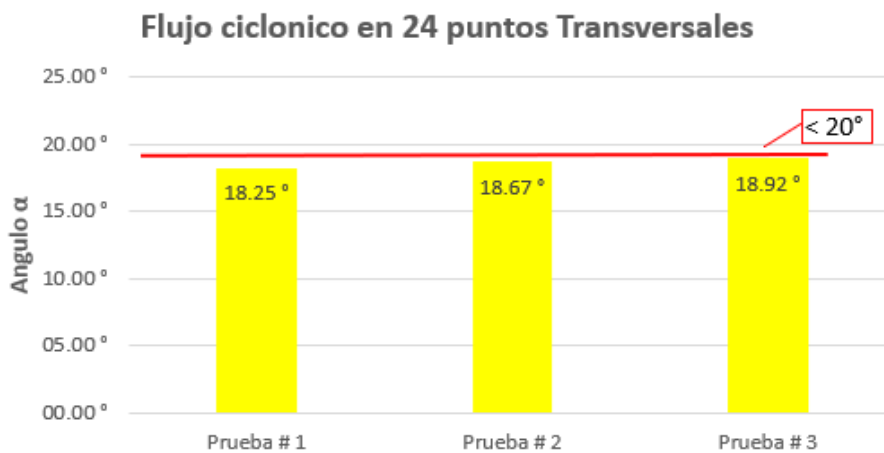
SE CONCLUYE:

LA CONDICION GENERAL DEL FLUJO EN LA CHIMENEA ES ACEPTABLE Y SE PUEDE CONTINUAR CON EL MUESTREO, POR EL PROMEDIO DE LOS ANGULOS DE DESVIACION ES MENOR O IGUAL A 20°

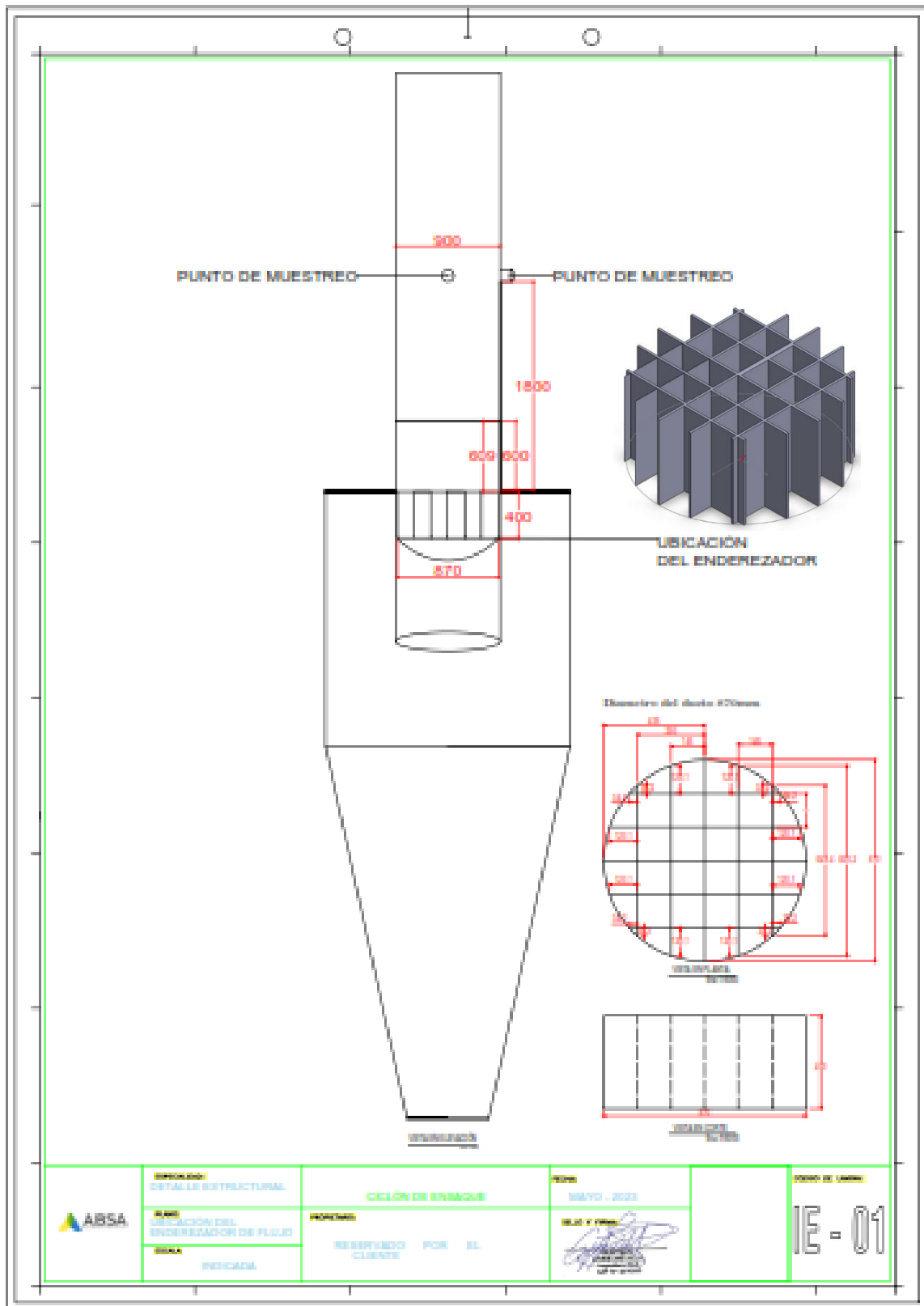
Nota. Tomado de la plantilla del laboratorio, ENVITOREST SAC, para la verificación de la presencia o ausencia de flujo ciclónico.

Figura 13

Medición de flujo ciclónico en 03 pruebas en 24 puntos transversales



Apéndice 4. Plano del enderezador de flujo



Apéndice 5. Registro fotográfico

Figura 14

Enderezador de flujo

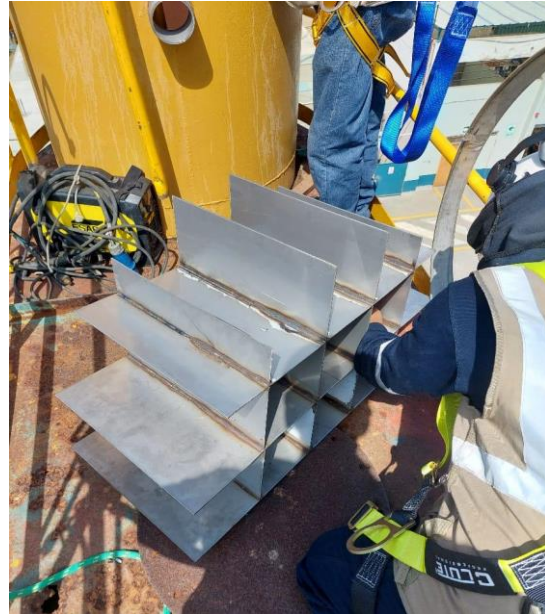


Figura 15

Medición la verificación de Flujo ciclónico y la velocidad del flujo de la chimenea



Apéndice 6. Reporte del laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC., -IAS
CON REGISTRO TL-659



INFORME DE ENSAYO N° 232420-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : ██████████
 Domicilio Legal : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Solicitado por : ABSA INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE S.A.C
 Referencia : Plan de muestreo N° ██████████
 Proyecto : MONITOREO DE VELOCIDAD Y FLUJO VOLUMETRICO
 Procedencia : CALLAO
 Muestreo Realizado por : ENVIROTEST S.A.C.
 Cantidad de Muestras : 1
 Producto : EMISIONES
 Fecha de Recepción : 06/05/2023
 Fecha de Ensayo : 02/05/2023
 Fecha de Emisión : 10/05/2023

I. Resultados

Código de Laboratorio	Z-██████████-03				
Código de Cliente	EM-01				
Fecha de Muestreo	02/05/2023				
Hora de Muestreo (H)	12:00	15:26	15:43		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	██████████				
Descripción de la Estación de Muestreo	#1 CORRIDA	#2 CORRIDA	#3 CORRIDA		
Tipo de Producto	Emisiones				
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultado		
Parámetro Analizado					
Velocity	ms	—	3,77	3,76	3,82
Volumetric Flow	m ³ /h	—	9 904	9 920	10 054

LEYENDA: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; * = Mayor que el L.C.M. indicado; ** = Menor al valor indicado; — = No Analizado

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencial	Título
Operaciones		
Velocity and Volumetric Flow	EPA 40 CFR Appendix A-1 to Part 60, Method 2-2021	Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube)

*EPA = U.S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis

III. Procedimiento de Muestreo

- PM-OPE-01: Requisitos generales de muestreo
- PM-OPE-02: Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-11: Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo
- PM-OPE-15: Medición de Emisiones Gaseosas, Velocidad y Flujo Volumétrico

Ing. Jorge Guillermo Jaramilla
 Jefe de Emisión de Informes
 C.I.P. N° 267157

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada según la cédula de muestreo correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de validez de la muestra es de un mes calendario desde el día de la muestra al laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de validez de la muestra está en función a lo establecido en los métodos normalizados de ensayo y según la norma de muestreo. Este protocolo de muestreo para el presente documento, sólo de aplicación de Emisiones G.A.S. Los resultados de laboratorio sustentados con sus datos de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la veracidad del presente informe de ensayo favor dirigirse al correo: info@envirotest.com.pe

FIN DEL INFORME

ANEXOS AL INFORME DE ENSAYO

I. Promedio de medición

Promedio de Medición del ángulo α en 16 puntos Transversales			
Hora	11:35	15:10	15:35
#	Prueba # 1	Prueba # 2	Prueba # 3
*	18,19	18,81	18,75

* grados, # numero de pruebas

Promedio de Medición del ángulo α en 24 puntos Transversales			
Hora	11:38	15:16	15:39
#	Prueba # 1	Prueba # 2	Prueba # 3
*	18,25	18,67	18,92

* grados, # numero de pruebas

Apéndice 8. Acreditación del Laboratorio



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C.
CA.CALLE B MZ. C LT40-URB. INDUSTRIAL ENABLING
LIMA 31, REPUBLIC OF PERU

Testing Laboratory TL-659

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Effective Date July 14, 2022




President

IAS is an ILAC MRA Signatory

Visit www.iasonline.org for current accreditation information.

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C.

Laboratorio de Ensayo
En su sede ubicada en: Calle B Mz. C Lt. 40, Urbanización Habilitación Industrial Panamericana Norte, distrito de San Martín de Porres, provincia y departamento de Lima.

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 01 de mayo de 2022
Fecha de Vencimiento: 30 de abril de 2026

Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRIA
Alejandra FAU 20600283015 soft
Fecha: 2022-04-29 12:42:01
Motivo: Soy el Autor del Documento

ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 27 de abril de 2022



Código N° 159-2022-INACAL/DA
Adenda N° del Contrato N° 01 del contrato N° 019-2018/INACAL/DA
Registro N° IE-906

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y código de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a simplificaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: www.inacal.gob.pe/ace/acreditacion/categoria/acreditados, solo a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL, es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) de los American Accreditation Cooperatives (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-00M Ver. 03

Apéndice 9. Cronograma de actividades

Cronograma de actividades																			
Actividad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19
Medición de flujo ciclónico (Caracterización)																			
Visita Técnica en la planta	x																		
Medición de flujo ciclónico (Según el Método 1- EPA Y NTP 900.001:2021)		Trabajo en Campo																	
Informe de campo , de los resultados obtenidos según la medición																			
Diseño, fabricación, instalación y medición																			
Diseño de enderezador de flujo ciclónico y su fabricación																			
Contratación del Personal Calificado para la instalación del enderezador de flujo ciclónico																			
Instalación de los enderezadores de flujo ciclónico																			
Medición de flujo ciclónico																			
Verificación con Método Acreditado Según el Método 1- EPA Y NTP 900.001:2021, además determinar la velocidad del flujo de la chimenea																			
Cierre (Informe)																			
Elaboración del informe preliminar																			
Resultado de parametro acreditado (Método 2 - EPA) emitido por el laboratorio Acreditado																			
Final del informe Técnico																			

Nota 1: Los trabajos de campo deben ser coordinado con el área correspondiente.