



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ASPIRACIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE
FORMULACIÓN DE JABONES PARA UNA EMPRESA
FABRICANTE DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

Autor:

César Ernesto Gómez González

C.I: 28.573.008

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ASPIRACIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE
FORMULACIÓN DE JABONES PARA UNA EMPRESA
FABRICANTE DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor:

César Ernesto Gómez González C.I: 28.573.008

Tutora:

Dra. Yndira Rodríguez

11.547.002

San Diego, junio de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Propuesta de diseño de un sistema de aspiración de polvo en el proceso de formulación de jabones para una empresa fabricante de productos de limpieza.

Realizado por el (la) Br. Cesar Gomez

C.I. N° 2857008 cursante de la carrera de Mecánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andira Rodriguez
C.I.: 11547002

El Jurado

Jurado Giovanni Pizella
Nombre:
C.I.: 4.455.859

Jurado
Nombre: Hornebo Lissette
C.I.: 7.139.471

Fecha: 09/07/23





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, **Dra. Yndira Rodríguez Aguirre**, portador de la cédula de identidad N° 11.547.002, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano **César Ernesto Gómez González**, portador de la cédula de identidad N° 28.573.008, titulado **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVO EN EL PROCESO DE FORMULACIÓN DE JABONES PARA UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 16 días del mes de junio del año dos mil veintitrés.

Dra. Yndira Rodríguez Aguirre

C.I: 11.547.002



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI N 008 2022-3CR TG

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:
GÓMEZ GONZÁLEZ, CÉSAR ERNESTO
28.573.008
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2023 de fecha 08/02/2023 aprobó el proyecto de grado titulado:

Propuesta de diseño de un sistema de aspiración de polvo en el proceso de formulación de jabones para una empresa de productos de limpieza.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Dra. Yndira Deyanira Rodríguez Aguirre, titular de la cédula de identidad V-11.547.002

Atentamente

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

Ante todo, gracias a Dios por permitirme tener la oportunidad de seguir adelante durante todo momento, a mis padres por su amor incondicional y apoyo constante en cada paso, a mi familia y amigos por aguantarme y motivarme siempre, a mis profesores por todo su conocimiento, su guía y su paciencia, a todo aquel que fue parte de este viaje, incluso a los que no se encuentran presente, este título es gracias a todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerle a mi padre César Gómez y a mi madre Flor González que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño junto con mi familia me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A todos mis compañeros, futuros colegas, gracias por su amistad, su apoyo y su ayuda en cada momento, sobre todo aquellos que iniciaron este largo trayecto conmigo, Dylan, Darwin e Ismael, o los que se fueron sumando en el camino, Víctor, Jefferson, Alexander, Danilo, y con los que solo tuve la oportunidad de convivir durante poco tiempo, pero el suficiente para ganarse mi cariño, incluso a los que lamentablemente no pudieron llegar gracias por todo

A mis profesores y a mi tutora por todo su conocimiento y ayuda impartida durante todo este trayecto.

A todo aquel que fue parte de mi camino tanto dentro como afuera de la universidad, sobre todo a aquellas personas de buen corazón que sin motivo para ayudarme aun así decidieron prestarme su apoyo, gracias por todo, todos fueron participe de la persona en que me he convertido hoy en día.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE TABLAS Y CUADRO	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance y Limitaciones.....	8
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 Teoría central de la investigación.....	11
2.2.2 Mecánica de los fluidos.....	12
2.2.3 Características de material particulado.....	12
2.2.4 Tecnologías utilizadas en la extracción de polvo.....	12
2.2.5 Sistemas de Ventilación.....	12
2.2.6 Polvo.....	13
2.2.7 Colector de polvo.....	14
2.2.7.1 Clasificación de los Colectores de polvo.....	14
2.2.8 Aspiración.....	15
2.2.9 Tipos de colectores.....	15

2.2.10	Sistemas de separación de polvo.....	15
2.2.10.1	Métodos de separación	15
2.2.11	Ciclón	17
2.2.12	Tanque Mezclador “Crutcher”.....	18
2.2.13	Sistemas CAD	18
2.2.14	Numero de Reynolds	18
2.2.15	Clasificación de Ventiladores.....	19
2.2.16	Ecuación de Darcy-Weisbach	23
2.3	Bases Legales.....	25
2.4	Definición de Términos.....	26
III	MARCO METODOLÓGICO	
3.1	Enfoque de la Investigación.....	27
3.2	Tipo de Investigación.....	27
3.3	Diseño de la Investigación.....	28
3.4	Nivel de la Investigación.....	28
3.5	Población y Muestra.....	29
3.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	29
3.6.1	Técnicas de Recolección de Datos.....	30
3.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	30
3.7	Técnicas de Análisis de Resultados.....	31
3.8	Fases Metodológicas.....	32
IV	RESULTADOS	
4.1	Diagnóstico de las propiedades biológicas, químicas o físicas además de las propiedades intrínsecas de cada uno de los aditivos y materias primas involucradas para cada tipo de jabón	37
4.1.1	Análisis de la Observación Directa.....	37
4.1.2	Análisis de la Entrevista.....	43
4.2	Determinación de las variables que interviene en la variabilidad de la calidad en la formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza.....	46

4.3 Selección de solución más viable que permita extraer las partículas de polvo proveniente del aire durante el proceso de formulación de jabones.....	47
4.4 Diseño del sistema de aspiración de polvo seleccionado para el proceso de formulación de jabones.....	51
4.4.1 Pasos para el diseño del Extractor de Polvo Tipo Ciclón.....	51
4.4.1.1 Identificar el Punto de Generación del Polvo.....	51
4.4.1.2 Establecer la Velocidad de Captura.....	51
4.4.1.3 Calcular el Caudal de Aire Requerido.....	52
4.4.1.4 Seleccionar el Tipo de Colector de Polvo adecuado según las Características del Polvo y las Necesidades del Proceso.....	52
4.4.1.5 Diseñar la Campana de Captación.....	55
4.4.1.6 Trazado de Tuberías.....	58
4.4.1.7 Selección del ventilador.....	68
4.5 Evaluación de la viabilidad económica, técnica, operativo y ambiental del sistema diseñado.....	70
4.5.1 Viabilidad Económica.....	70
4.5.2 Viabilidad Técnica.....	75
4.5.2.1 Ducteria.....	75
4.5.2.2 Accesorios.....	75
4.5.2.3 Ventilador Centrífugo.....	76
4.5.2.4 Ciclón.....	76
4.5.2.5 Campana de captación	77
4.5.3 Viabilidad Operativa.....	77
4.5.4 Viabilidad Ambiental.....	78
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	PP.
1	Tamaño de partículas	38
2	Cuadro de entrevista 1	44
3	Cuadro de entrevista 2	44
4	Cuadro de entrevista 3	44
5	Cuadro de entrevista 4	45
6	Cuadro de entrevista 5	45
7	Cuadro de entrevista 6	45
8	Cuadro de entrevista 7	46
9	Tipos de colector	50
10	Método de ponderación	50
11	Propiedades del aire	59
12	Especificaciones Técnicas	69
13	Ventilador Centrífugo CMX 355/2P	69
14	Costos de fabricación	74
15	Cuadro de trazado de tubería	75
16	Tabla de accesorios	76
17	Tabla de requisitos de ventilador	76
18	Tabla dimensiones del ciclón propuesta	77
19	Tabla Dimensiones de la campana Propuesta	77
20	Tabla Viabilidad Operativa	77

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Molécula de jabón.	2
2	Formación micelar en entorno acuoso.	3
3	Formación de jabón a partir de la triestearina.	5
4	Esquema de un ciclón	17
5	Disposición general de un ventilador centrífugo	20
6	Ventilador centrífugo típico	21
7	Ventilador axial típico	22
8	Diagrama de Proceso de Formulación de Jabones	36
9	Vista de diseño de proyecto formulación	40
10	Vista de proyecto formulación	41
11	Vista de proyecto formulación	41
12	Vista de proyecto formulación	42
13	Vista de proyecto formulación	42
14	Vista de planta proyecto formulación	43
15	Valores recomendados para la velocidad de captura	51
16	Dimensiones de un Ciclón de alto efecto	53
17	Dimensiones del ciclón	53
18	Proyecto con las dimensiones del ciclón	55
19	Dimensiones de la campana	56
20	Captación de aire contaminado	57
21	Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductores	58
22	Tramo L1 y L2	61
23	Tramo L3 y L4	62
24	Tramo L5 y L6	63
25	Tramo L7 y L8	65
26	Curvas Características	68

27	Modelo a escala sistema de extracción de polvo en área de formulación	70
28	Tubería de acero inoxidable de 4 pulgadas	71
29	Codos de acero inoxidable de 4 pulgadas	71
30	Ventilador centrífugo	72
31	Campana Extractora	72
32	Ciclón colector de polvo	73
33	Vista de mezzanina de área de formulación	74



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE POLVO EN EL
PROCESO DE FORMULACIÓN DE JABONES PARA UNA EMPRESA FABRICANTE
DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA**

Autor: César Ernesto Gómez González C.I: 28.573.008

Tutora: Dra. Yndira Rodríguez Aguirre

Fecha: junio 2023

RESUMEN INFORMATIVO

La presente investigación propone realizar el diseño de un sistema de aspiración de polvo durante el proceso de formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza. La cual está enmarcado dentro del tipo de investigación de proyecto factible, con un diseño de campo-documental y de nivel descriptivo, bajo la Línea de Investigación: Ciencias Cognitivas y aplicadas. El objetivo general permitió alcanzar esta propuesta, valiéndose de manuales y herramientas de adquisición de datos para poder determinar las propiedades químicas y biológicas de los materiales involucrados, identificando la maquinaria, los procesos involucrados y determinando las variables críticas de proceso como la temperatura con la finalidad de realizar una evaluación del sistema actual de formulación, para determinar cómo y por qué este polvo está afectando al proceso, la maquinaria y al bienestar del mismo operador. De allí que con el diagnóstico se logró recabar información a través de la observación directa, entrevista y revisión documental. En concordancia con los argumentos presentados anteriormente se concluye que la propuesta desarrollada en el presente trabajo especial de grado mejora de manera considerable e inmediata la situación problemática presente en la línea productiva que afectaba la calidad e inocuidad del proceso de formulación, además, de la integridad física de los trabajadores que cumplen oficios afines con su puesto trabajo diariamente en el área.

Descriptor: aspiración, polvo, propiedades químicas, propiedades biológicas

INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto trata sobre un sistema de aspiración de polvo para cierto tipo de partículas proveniente de las distintas materias primas utilizadas para realizar la formulación del jabón, estas partículas de polvo aparecen una vez que se abren los sacos para añadir los aditivos y se mantienen en el aire, hasta que poco a poco van cayendo sobre la maquinaria y operadores lo cual puede llegar a causar molestia para el trabajador y mal funcionamiento de la maquinaria ubicadas en la zona de formulación.

Mediante la realización de este proyecto se analizaron las distintas alternativas tecnológicas para la extracción de polvo, segmentando el estudio de los principios de funcionamiento y las tecnologías utilizadas en la industria, de tal manera que se pudo elegir la tecnología más adecuada para el proceso de extracción de polvo sin afectar la formulación del jabón, debido a que en el tanque donde es formulado el jabón se encuentra a altas temperaturas, el extractor debe resistir a altas temperaturas en un espacio reducido.

Para poder disminuir el riesgo ante la inhalación de polvo se diseñó un sistema que permite la captación y recolección del mismo en el propio sitio donde se genera, impidiendo que se disperse llegando al sistema respiratorio del operador y así garantizando la calidad de vida y correcto funcionamiento de cada uno de los miembros que forman parte de la empresa sin descartar el eficaz cumplimiento de las normativas legales establecidas.

El trabajo consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Explica lo relacionado al planteamiento y formulación del problema, además de los objetivos alcanzados en este proyecto, así como también las limitaciones que se presentaron al momento de solucionar el problema.

Capítulo II: Se refiere a la terminología y conceptos necesarios que sirvieron de base para el desarrollo del estudio, además de un resumen sobre los antecedentes relacionados con la investigación.

Capítulo III: Consta de las distintas fases metodológicas empleadas en el desarrollo de las estrategias, que son establecidas para cumplir con los objetivos propuestos.

Capítulo IV: Detalla la realización de cada objetivo planteado para la obtención de los resultados finales, conclusión y recomendaciones

Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas que sirvieron de sustento para el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Las plantas fabricantes de productos de limpieza utilizan tanto materiales solidos como liquidos, una vez formulado la base liquida del jabon base entran en accion las materias primas solidas para obtener las características deseadas por la empresa, pero antes de poder realizar el proceso de formulacion se debe tener claro como es el proceso de saponificacion para la formulacion de la base del jabon.

Al igual que una batería tiene un ánodo y un cátodo, la molécula de jabón también tiene dos extremos con diferentes afinidades. En la figura 1 se muestra una molécula de jabón y en ella se puede observar que el rojo es el extremo cargado conectado al agua porque tienen la misma polaridad y la cadena azul, llamada lipofílica, es similar a la grasa y repele el agua, de allí que gracias a esta estructura, el jabón tiene una doble afinidad por los polos de otras moléculas y puede orientarse según el entorno en el que se encuentre.

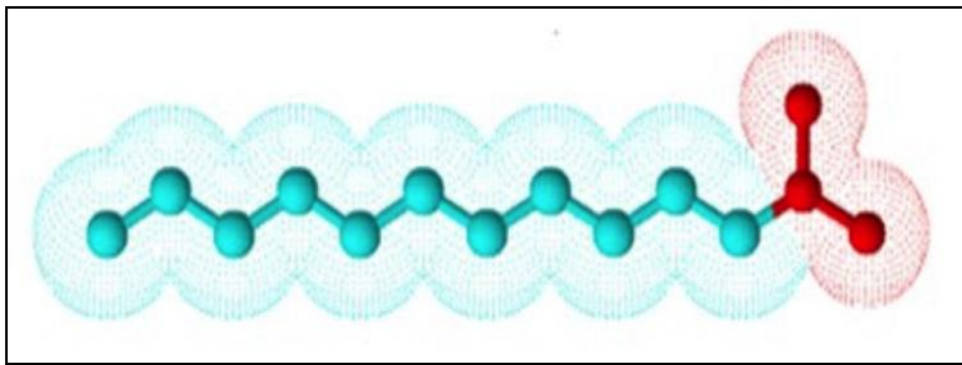


Figura 1. Molécula de Jabón

Fuente: Regla, I (2014)

Por otro lado, es importante indicar que el jabón puro limpia debido a las diferentes afinidades entre sus extremos moleculares; aunque la suciedad grasosa no se elimina fácilmente solo con agua, el agua la repele porque no se disuelve en ella. Sin embargo, los jabones con largas cadenas alifáticas o hidrocarbonadas sin carga interactúan con la grasa para disolverla, mientras que la región con carga se orienta hacia el exterior, formando gotas. Tan pronto como la superficie de la gota de grasa se cubre con muchas moléculas de jabón, se forma una micela con una pequeña

gota de grasa en su interior. Esta gota de grasa se dispersa fácilmente en agua porque está cubierta con extremos cargados o aniones de carboxilato de jabón como se muestra en la figura 2 donde A es una micela y B una molécula de jabón.

Allí, la mezcla que resulta de dos fases insolubles (agua y grasa), con una fase dispersada en la otra en forma de pequeñas gotas, se denomina emulsión. Por eso, se dice que la grasa ha sido emulsionada con agua jabonosa. Así, durante el lavado con jabón, la grasa se elimina junto con el agua de lavado.

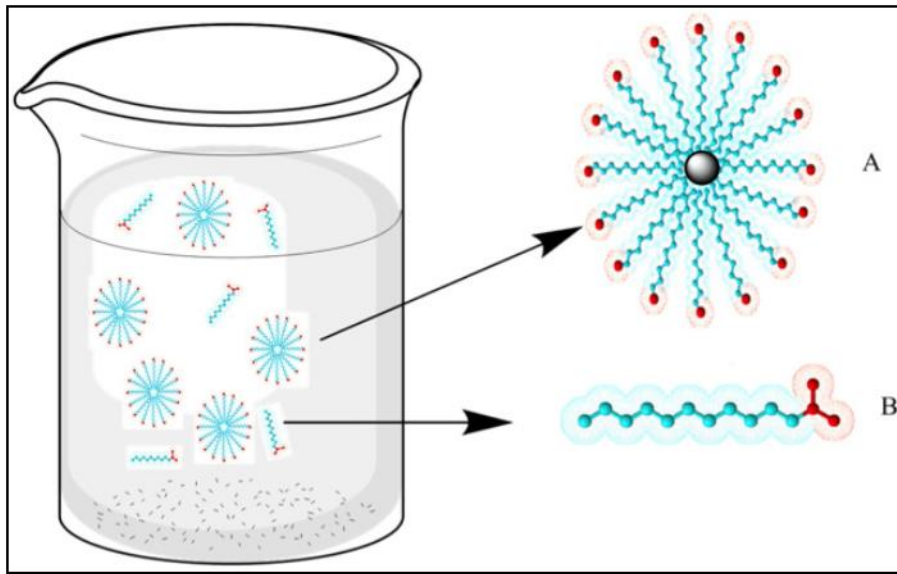


Figura 2. Formación micelar en entorno acuoso
Fuente: Regla, I (2014)

Es importante indicar que los seres humanos han usado y vendido jabón durante siglos. Desde entonces, la receta del jabón ha cambiado muy poco. Es por esto que autores como Wade (2011) indica que al mezclar una sustancia grasa con otra alcalina; a la reacción química entre estos dos elementos se le denomina saponificación y permite la producción de jabón y glicerina. Por tanto, las sustancias grasas que intervienen en la elaboración del jabón son grasas y aceites vegetales o animales.

De acuerdo a este término, la saponificación es un proceso que consta de dos etapas: La primera etapa, consiste en la descomposición de sus ingredientes en partes útiles y la segunda etapa, en la reacción de éstas para producir el jabón. En este proceso las grasas y los aceites están formados por triglicéridos, los cuales se deben descomponer en ácidos grasos y glicerol para poder someterse al proceso de saponificación. El proceso de descomposición de los triglicéridos en sus componentes básicos es denominado como hidrólisis; en él todos los ésteres se descomponen en

ácidos grasos y glicerol al entrar en contacto con el agua. Actualmente existen 2 métodos para lograr la saponificación: la saponificación en caliente y la saponificación en frío.

- **Saponificación en frío:** El método de saponificación en frío es un método que también consiste en mezclar la grasa y la soda cáustica durante unos 20 minutos aproximadamente, pero sin calentar. Además, a diferencia de la saponificación en caliente, se agrega aceite adicional para permitir que reaccione toda la soda cáustica, lo que resulta en una saponificación completa.

Se deja reposar la mezcla en moldes especiales de madera entre 24 y 48 horas. Dando inicio a la primera etapa de saponificación, durante la cual la mezcla se calienta de forma natural; después de esto, el jabón se retira del molde, se corta y se seca durante un mes. Esta etapa de secado evapora el agua y completa el proceso de saponificación, al hacerlo, se evita que quede soda cáustica. Por lo tanto, la saponificación a baja temperatura sigue un proceso tradicional y lento, ya que se requiere un tiempo de curado para obtener una reacción completa, pero los jabones de saponificación a baja temperatura tienen la ventaja de contener glicerina, que se produce naturalmente durante la saponificación. La glicerina mejora la hidratación de la piel y por tanto permite una mejor conservación, por este motivo, los jabones saponificados en frío están especialmente recomendados para aquellas personas con piel seca o sensible.

- **Saponificación en caliente:** Comúnmente utilizado en la industria cosmética, consiste en calentar grasa y soda cáustica. Generalmente, en este método de fabricación, los fabricantes utilizan un exceso de soda cáustica para lograr que toda la grasa presente en la preparación se convierta en jabón, al calentar la mezcla resultante durante horas o días, se acelera el proceso de saponificación y la producción es industrializada. Seguidamente, la "placa de jabón" resultante es enjuagada con abundante agua para eliminar los residuos de soda cáustica y se vierte la mezcla no corrosiva en moldes adecuados. Después de enfriarse, se cortan en tabletas y están listas para el empaque final.

Sin embargo, según los tipos de grasas y aceites utilizados, que no siempre se controlan, pueden resultar muy agresivos para la piel e irrespetuosos con el medio ambiente, la saponificación en caliente es el proceso utilizado para la formulación de jabón para lavar ropa a nivel industrial. Durante la saponificación, el agua lleva el hidróxido de sodio a todos los rincones del recipiente que lo contiene, por lo que se produce la hidrólisis del éster. Durante la hidrólisis, los iones de NaOH (Soda Caustica) atacan los átomos de carbono del extremo carboxilo terminal del ácido graso y lo separan del triglicérido. Una vez que los ácidos grasos se separan, reaccionan con los

iones de sodio para formar una sal llamada jabón, mientras que los tres iones de hidróxido reaccionan con el glicerol para formar glicerol, en la figura 3 se puede apreciar una reacción que ocurre durante la formación de jabón a partir de la triestearina.

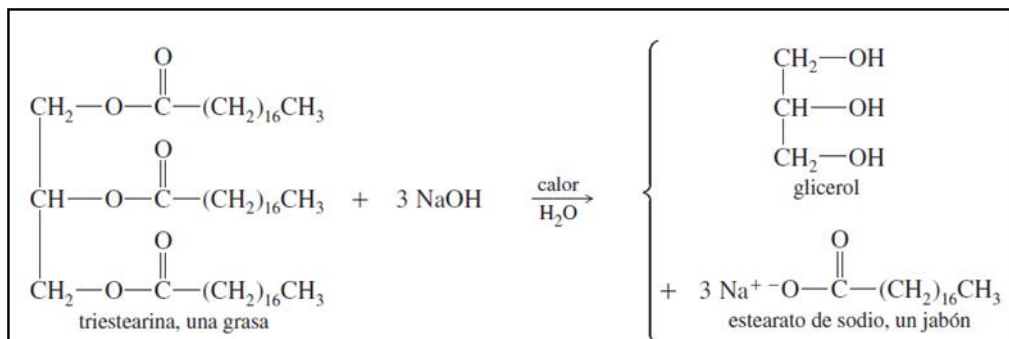


Figura 3. Formación de Jabón a partir de la Triestearina

Fuente: Wade, L (2011)

Es importante indicar que antes de iniciarse el procedimiento para la fabricación industrial del jabón, se debe tener en cuenta que las principales diferencias entre un jabón de tocador y un jabón para lavar ropa pueden ser las siguientes: El jabón de tocador suele tener menos pH que el jabón para lavar ropa y casi siempre tiene nutrientes para la piel. Mientras que el jabón para lavar la ropa posee menos aromatizantes, posee mayores concentraciones que el jabón de tocador, pues necesita eliminar grandes cantidades de grasa y suciedad y puede ser sólido o líquido.

Por otro lado, la situación problemática se presenta actualmente durante el proceso de adición de materias primas al tanque mezclador en el área de formulación, las materias primas líquidas son agregadas a través de una tubería que conecta directamente al tanque auxiliar de prepesado ubicado sobre el tanque mezclador, desde el PLC el operador puede permitir y detener el envío de líquidos, para así poder llevar un control de cuanto material cae, y las materias primas sólidas son agregadas con la ayuda de un manipulador de carga por vacío, con el cual el operador de turno puede levantar los sacos sin necesidad de esfuerzo físico y en un menor tiempo, pero al momento de abrir los sacos estos desprenden una nube de polvo en el aire y estas pequeñas partículas se mantienen suspendidas en el aire por toda el área de formulación, mientras se van agregando más sacos va aumentando el polvo.

Es por esto que, teniendo en cuenta que para el proceso de formulación del jabón se pueden agregar hasta más de veinte sacos de 20 y/o 25kg cada uno termina resultando en una situación bastante incómoda para que el operador pueda realizar correctamente su trabajo, teniendo incluso que detener el proceso de formulación para poder remover el polvo el mismo con una pequeña

manguera con aire comprimido, porque no le permite trabajar en condiciones óptimas y teniendo en cuenta que el área de formulación es reducida y no se cuenta con buena ventilación la nube de polvo cae también en el resto de la maquinaria ubicada en el área de formulación, presentando así un inconveniente para el operador trabajar adecuadamente y para los códigos de limpieza e inocuidad internos de la empresa.

Por otro lado, se entiende por polvo la dispersión de partículas sólidas en el ambiente; y cuando estas partículas son más largas que anchas, hablamos de fibras. La exposición a polvo en el lugar de trabajo es un problema que afecta a muchos y muy diversos sectores. Ya que el término polvo o polvillo incluye todos los sistemas de partículas sólidas dispersas a través de un medio gaseoso, a estos sistemas se denominan difusos y constan de una fase dispersa, que es la partícula y el medio de dispersión como el aire o gas.

El polvillo se produce al triturar, moler, barrenar, maquinar, rectificar, pulir, al desmoldear en las fundiciones y en otros procesos, y puede tener consecuencias adversas para la salud de los trabajadores. El tamaño de las partículas es de gran importancia, así como su forma, densidad y carga eléctrica; estas propiedades se deben tener en cuenta tanto desde el punto de vista tecnológico como el higiénico.

Desde el punto de vista tecnológico afecta al procedimiento para recogerlos en su fuente y a la forma de eliminarlos del aire, mientras que la distribución de tamaños de partículas en una nube de polvo no permanece constante, son varios los factores que pueden ocasionar coagulación de las partículas, y por lo tanto provocar su asentamiento. La velocidad de coagulación depende de la homogeneidad de tamaño y forma de la partícula y de su carga eléctrica, si los demás factores se mantienen invariables, la coagulación es más rápida cuando aumenta el tamaño de la partícula.

Es importante indicar que la presencia de material particulado limita el rendimiento y atenta con la salud del operador, así como la limpieza de la producción después de ser tratado, por lo cual la realización de un sistema de aspiración localizada con su respectivo colector de polvo es indispensable para el control de la emisión de partículas sólidas que se depende del proceso, garantizando así el buen desempeño y la puesta en marcha del sistema.

1.2 Formulación del Problema

La realización del presente estudio plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede disminuir la cantidad de partículas de polvo proveniente del aire durante el proceso de formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer el diseño de un sistema de aspiración de polvo para el proceso de formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las propiedades biológicas, químicas o físicas además de las propiedades intrínsecas de cada uno de los aditivos y materias primas involucradas para cada tipo de jabón.
- Determinar las variables que interviene en la variabilidad de la calidad en la formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza.
- Seleccionar la solución viable que permita extraer las partículas de polvo proveniente del aire durante el proceso de formulación de jabones.
- Diseñar el sistema de aspiración de polvo seleccionado para el proceso de formulación de jabones.
- Evaluar la viabilidad económica, técnica, operativo y ambiental del sistema diseñado.

1.4 Justificación

La elección del tema presentado surge después de considerar la problemática actual en una empresa de fabricación de productos de limpieza, debido a sus estándares de limpieza e inocuidad y por la necesidad de cuidar a sus trabajadores; el presente estudio es reflejo y reporte de todos los conocimientos adquiridos durante la carrera estudiantil.

Por tanto, se describen algunos conceptos y temas importantes e indispensables para el desarrollo del estudio, como el proceso de saponificación, la importancia de la inocuidad, el polvo, los sistemas de aspiración, los cuales son muy importante para el conocimiento del procedimiento de mezcla de las materias primas con los diferentes aditivos, sus propiedades químicas y las recetas de cada jabón por separado para poder evaluar qué características puede estar modificando el polvo a cada receta de jabón.

De allí que esta investigación se justifica desde lo académico ya que para la realización de esta investigación se deben tener conocimientos previos de los conceptos básicos de distintos procesos dentro de la industria, como la termodinámica, los cálculos para realizar el diseño, las leyes generales de los gases, entre otros conceptos, dados en las distintas materias de la escuela de ingeniería mecánica.

Desde el punto de vista tecnológico la realización de este proyecto va a ayudar a mejorar el proceso en el área de formulación de jabones, disminuyendo la pérdida de tiempo por limpieza en el área y evitando alteraciones en la formula del mismo, lo cual causaría un rechazo del producto final.

1.5 Alcance y Limitaciones

En relación al alcance, en esta investigación se pretende diseñar y plantear una propuesta para solucionar la problemática en el área de formulación de jabones con respecto al polvo liberado de los sacos de cada uno de los aditivos. Para el desarrollo de esta investigación se diseñó un sistema de aspiración de aire y se simulo en un tanque mezclador con sus respectivos parámetros de una empresa fabricante de productos de limpieza para poder determinar su viabilidad.

Por otro lado, en relación a las limitaciones: Este proyecto estuvo enfocado únicamente en la formulación de jabón para lavar ropa. Existiendo también la limitación de contar con pocas investigaciones en el país sobre el tema específico que se ha realizado, así como también se realizó con datos obtenidos a través de una única empresa de productos de limpieza cuya mayor problemática fue el hecho de no tener suficiente espacio en la zona de formulación para una previa instalación de un sistema extractor de polvo y por su diseño se enfocó únicamente en el espacio disponible en el área de formulación de jabones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico es el pilar fundamental de la investigación. Según Arias (2012): “El marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental–bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar” (p. 32). El marco teórico generalmente se estructura en tres secciones, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

Tomando en cuenta esto, en este capítulo se presentan una serie de investigaciones realizadas por otros autores que guardan relación con el tema, las cuales se consideran necesarias para el desarrollo del proyecto. En este caso “propuesta de diseño de un sistema de aspiración de polvo en el proceso de formulación de jabones para una empresa fabricante de productos de limpieza” dando a conocer los términos y definiciones involucradas para su diseño, contribuyendo así con el logro y conocimientos como precedentes o fuente de apoyo para fundamentar la investigación.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Yanqui José, (2020) en su trabajo de grado titulado “**Diseño de un sistema de aspiración localizada para mejorar el proceso de control y aspiración de material particulado en la empresa confecciones paz. Perú Arequipa**” para la obtención del título de Ingeniero Mecánico tuvo como objetivo la optimización del proceso de recolección del polvo obtenido de la trituración de piedras, con el fin de disminuir costos en su producción sin ningún perjuicio ambiental, diseñando un sistema de aspiración localizada que mejore el proceso de control y aspiración de partículas en suspensión.

El autor indica en su investigación que un sistema de extracción de aire localizada se compone de un elemento de captación (campana o cajón) que capta el contaminante y lo atrapa en una corriente de aire; un elemento de conducción (conductos o tuberías), un elemento de aspiración o ventilador generalmente centrífugo por su facilidad para vencer elevadas pérdidas de carga; un purificador de aire o filtro encargado de la eliminación del contaminante del aire y un conducto de salida. La instalación de este nuevo equipo beneficiará a los operarios, personal de limpieza y todos

los involucrados en esta parte del proceso, lo cual significa que se dejará de inhalar el agente contaminante proveniente del foco infeccioso.

Uno de los aportes más importantes para el presente trabajo de investigación es la implementación sobre el diseño del sistema de control y aspiración de material particulado. Se implementa un mejor confort de la planta para los operadores que por ende están más seguros de la contaminación ambiental por los polvos en suspensión. El diseño del captador de polvos, tiene su campo de aplicación que es en todas las plantas industriales que cuentan con trituración de partículas de minerales, granos y otros como en zonas de emisión de gases contaminantes.

Por otro lado, Suxe Nilson, (2019) en su trabajo de grado titulado **“Propuesta de un sistema de aspiración localizado, para la extracción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secado de la empresa Induamérica Trade s.a. San Rafael–Bellavista–San Martín”** en la ciudad de Lambayeque, Perú. Tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de un Sistema de Aspiración Localizado, para la extracción de partículas en suspensión de la cascarilla de arroz en el proceso de secado para la Empresa Induamérica Trade S.A El funcionamiento de los equipos relacionados con el proceso de secado, como cintas transportadoras, cadenas transportadoras y cangilones, es fundamental para completar el proceso transportando el grano de un punto a otro.

Sin embargo, a medida que el contenido de agua de la semilla disminuye gradualmente, se libera una gran cantidad de partículas en el aire que se adhieren a la capa exterior del grano, que forma parte del entorno que rodea a las partículas. La pérdida de humedad no solo es responsable de la generación de partículas, a ellos también se suma múltiples procesos de circulación, ya que provoca fricción entre las mismas partículas que actúan sobre las paredes de los conductos y las estructuras metálicas. Para demostrar la presencia de partículas en el aire, se toman muestras cerca de la fuente de emisión, teniendo en cuenta los parámetros máximos exigidos por las normas nacionales.

El mencionado trabajo será de gran utilidad en la presente investigación debido a que se establecieron los parámetros de funcionamiento para un sistema de aspiración localizada y por lo tanto la elección del ventilador más óptimo a ser utilizado.

Así mismo Márquez Andrés y Ulloa Jonathan, (2018) quienes realizaron una investigación titulada **“Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la fundación salesiana “PACES””** en la ciudad de Cuenca, Ecuador para optar al título de

Ingeniero Mecánico. La cual tuvo como objetivo general Diseñar el sistema de extracción de polvo de madera adecuado para la carpintería de la Fundación Salesiana PACES con los parámetros y procedimientos óptimos para su funcionamiento. Éste antecedente contribuyo a la presente investigación para la realización de los cálculos para la elección de la propuesta del sistema de aspiración.

Por su parte el trabajo de grado realizado por Utria Ali y Pertuz Carlos, (2001) para optar al título de Ingeniero Mecánico **“Diseño y construcción de un sistema de extracción, separación y recolección del polvillo de piedras trituradas para la empresa Corpisos S. A”** en Cartagena de india, Colombia. El propósito de este estudio fue diseñar, construir e implementar un sistema para la extracción, separación y recolección de polvo recolectado durante la trituración de piedras para mejorar el proceso de recolección y así reducir los costos de producción y la pérdida de este producto. La implementación de este proyecto buscaba optimizar el proceso de recolección de polvo obtenido durante el proceso de trituración de piedra para reducir los costos de producción sin dañar el medio ambiente. El aporte al presente estudio fue el diseño y puesta en marcha del tipo de sistema de aspiración utilizada, los dispositivos del sistema de extracción del polvillo fueron diseñados basándose en un sistema de aspiración localizada.

2.2 Bases Teóricas

De acuerdo con Arias (2012), “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.107). Por lo tanto, la correcta realización de las bases teóricas permitirá no solo obtener un sustento sobre el cual se podrá realizar el apropiado y acorde análisis de resultados, sino que también ayudará a explicar la problemática a partir de un conjunto de teorías y supuestos ya establecidos y publicados.

2.2.1 Teoría Cinética Molecular de Euler

La teoría cinética molecular de Euler, también conocida como teoría cinética de los gases, proporciona una descripción física del comportamiento de los gases al analizar la energía y el movimiento de las moléculas constituyentes. Este enfoque teórico fue desarrollado en el siglo XVIII por el matemático suizo Leonhard Euler.

Según la teoría cinética molecular de Euler, los gases se componen de un gran número de moléculas en constante movimiento a altas velocidades en todas las direcciones dentro de un

espacio definido. Estas moléculas interactúan mediante colisiones elásticas, lo que implica que no hay pérdida de energía cinética en estas colisiones.

Esta teoría establece que la energía cinética de las moléculas es directamente proporcional a la temperatura del gas, mientras que la presión del gas es el resultado de las colisiones de las moléculas con las paredes del recipiente que lo contiene. Además, la teoría cinética molecular de Euler también indica que la velocidad promedio de las moléculas en un gas es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura absoluta del gas.

En resumen, la teoría cinética molecular de Euler proporciona una descripción del comportamiento de los gases en términos de la energía y el movimiento de sus moléculas constituyentes. Esta teoría ha sido esencial para comprender y predecir el comportamiento de los gases en diversas situaciones.

2.2.2 Mecánica de los Fluidos

Yunus, C. (2012) indica que la mecánica de fluidos es la rama de la física que estudia los fluidos, aplicando los principios de la mecánica clásica. Es una rama de la física muy ligada a la ingeniería, desde la mecánica, la construcción, y la hidráulica. El estudio tradicionalmente considera fluidos en reposo y en movimiento.

2.2.3 Características de Material Particulado

De acuerdo con Arciniégas (2012) El material particulado (MP) es un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire. Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos

2.2.4 Tecnologías utilizadas en la Extracción de Polvo

Hoy en día, los sistemas de extracción son un requisito muy importante en varias industrias. Esto se debe a que, sin un sistema, las partículas de polvo no permiten un flujo normal del proceso de trabajo y el correcto funcionamiento de las máquinas. Para minimizar estos problemas, los sistemas de extracción de polvo se diseñan según los parámetros establecidos para cada caso concreto.

2.2.5 Sistemas de Ventilación

Redola (2017) indica que hay muchos tipos de sistemas de ventilación mecánica, cada uno adecuado a necesidades específicas (ventilación, extracción de contaminantes, calefacción,

refrigeración, aire acondicionado adecuado, etc.), espacio disponible, costo, etc. Desde el punto de vista de un sistema de ventilación, pueden tener los siguientes tipos morfológicos:

- Ventilación natural.
- Ventilación de solo extracción. (Finalidad de este proyecto)
- Ventilación de solo inyección.
- De inyección-extracción.
- Recirculación.

La ventilación de solo extracción o extracción localizada es un tipo especial de ventilación, cuyo propósito es capturar partículas nocivas como polvo, humos, vapores, etc., lo más cerca posible de su fuente, evitando que se dispersen en el aire de la zona en donde está ubicado. Se puede utilizar como parte de una instalación fija o móvil, como aspirador portátil para la limpieza general de áreas de trabajo. Debido a las limitaciones de la ventilación general, la extracción localizada es el método de ventilación más recomendado para gestionar los contaminantes en el lugar de trabajo.

Los equipos más comunes de extracción localizada consisten de cuatro componentes principales:

- La **campana**; sobre este utensilio recae la función de captar los contaminantes de una manera más eficiente.
- El **conducto**; por aquí pasara el fluido extraído junto con las partículas del contaminante.
- El **depurador**; responsable de separar las partículas del aire
- El **ventilador**; también conocido como extractor, provoca la circulación/aspiración. Es el elemento que proporciona energía al sistema.

2.2.6 Polvo

El término polvo incluye todos los sistemas de pequeñas partículas sólidas que se producen por la ruptura de partículas de mayor tamaño al triturar, moler, barrenar, maquinar, rectificar, pulir, al desmoldear en las fundiciones y en otros procesos.

Las partículas de polvo presentes en un material pueden ser esparcidas por un medio gaseoso, a estos sistemas se les llama dispersos y constan de una fase dispersa, que es la partícula y el medio dispersante, que es el aire o gas. La distribución de tamaños de partículas en una nube de polvo no permanece constante, son varios los factores que pueden ocasionar coagulación de las partículas, y por lo tanto provocar su asentamiento. ACGIH (1988). El polvo puede tener

consecuencias adversas para la salud de los trabajadores. El tamaño de las partículas es de gran importancia, así como su forma, densidad y carga eléctrica; estas propiedades se deben tener en cuenta tanto desde el punto de vista tecnológico como el higiénico. Desde el punto de vista tecnológico afecta al procedimiento para recogerlos en su fuente y a la forma de eliminarlos del aire.

2.2.7 Colector de Polvo

Es un dispositivo especialmente diseñado para mejorar la calidad del aire interior en operaciones industriales que generan emisiones de partículas de diversos procesos como: descarga de materiales, corte de piezas, soldadura, esmerilado, pulido, empaque o tratamiento de superficies, como parte esencial del sistema de escape, funcionan capturando y atrapando partículas presentes en la corriente de aire antes de que se libere a la atmósfera o regrese al área de operación.

Empresas como Procequip (2022) explica que existen muchos factores que deben considerarse antes de la implementación de un colector de polvo, los más importantes son: la capacidad requerida, el tiempo y los costos de operación esperados, las características del flujo de aire, las propiedades físicas del material recolectado y otros factores. Para el material a recolectar, es importante especificar cualquier propiedad especial, como el tamaño de las partículas y la densidad del polvo, la temperatura, la corrosividad, el PH, la abrasividad entre varias otras.

2.2.7.1 Clasificación de los Collectores de Polvo

De acuerdo con Procequip (2022) nos indica que existen 2 tipos de colectores de polvo.

- **Collectores de Vía seca:** Los colectores de polvo de vía seca pueden tener una alta eficiencia de filtración según el tamaño, la forma y la densidad de las partículas. Su operación es confiable y simple ya que bloquean los contaminantes a través de barreras físicas, gravedad, inercia o fuerzas estáticas. Este medio filtrante puede presentarse en forma de bolsas o cajas fabricadas en materiales naturales o sintéticos con especiales propiedades frente a la higroscopicidad, la estática o la inflamabilidad.
- **Collectores de Vía húmeda:** Son recomendados para limpiar polvo pegajoso y fibroso o donde los gases de escape filtrados pueden crear riesgos de explosión e incendio debido a la aglomeración en espacios confinados y para evitar la generación de polvo secundario al manipular o descargar materiales recolectados. A diferencia de los depuradores de vía seca,

no se requieren medios filtrantes, utiliza pocas piezas actualizables y ahorra espacio con en el diseño y tiene como ventaja que purifican el aire que expulsan. Procequip (2022)

2.2.8 Aspiración

Escoda (2009) indica que existe una gran diferencia entre la configuración de una corriente que se dirige a un orificio de aspiración y la de un chorro que sale a presión, al aumentar la distancia al orificio de aspiración, la velocidad disminuye más que sí el aire saliera del mismo orificio a la misma velocidad con que entra. Esto se debe a que, en el proceso de aspiración, el fluido se acerca a la abertura en todas las direcciones, mientras que, en la descarga, el fluido saliente y el aire que arrastra consigo forman un chorro cónico.

2.2.9 Tipos de Colectores

- **Cámaras Ventiladas:** En este sistema de ventilación local, la mezcla de aire y polvo es contenida en un espacio cerrado, de donde es removida por sistema mecánico o flujo natural. Debido al pequeño número de orificios en las cámaras de ventilación, la mezcla se puede contener con un consumo mínimo de aire.
- **Colectores Perfilados:** Se utilizan principalmente para capturar el polvo generado cuando se trabaja con herramientas de corte o muelas que giran a alta velocidad. (2000 r.p.m. o más)
- **Campanas Extractoras:** Estos son colectores para sistemas de succión, generalmente piramidales o cónicos y montados encima o junto a la fuente de polvo, su uso es común y siempre hay un espacio entre la fuente de polvo y la campana misma. Como resultado, el aire ambiental puede circular a través de la fuente y, bajo ciertas condiciones, sacar la mezcla de aire y polvo de la campana, utilizando así más aire que una campana de humos ventilada. Las campanas se pueden dividir en: campanas suspendidas, campanas laterales y campanas múltiples. Los sistemas de extracción de polvo y aire pueden ser naturales o mecánicos, en ambos casos la campana debe ubicarse lo más cerca posible de la fuente de emisión.

2.2.10 Sistemas de Separación de Polvo

2.2.10.1 Métodos de Separación

Según el manual ACGIH (1988) obtenemos información de que los equipos extractores de polvo se pueden clasificar en las siguientes formas, de acuerdo con el principio físico en que se basan. Los cuatro tipos principales de captadores de polvo son:

- **Precipitadores Electrostáticos**

Pertenecen a los colectores de vía húmeda, son equipos de buen rendimiento para capturar partículas sólidas y líquidas. Su funcionamiento se basa en la generación de un campo eléctrico de alta tensión entre dos electrodos (electrodo de descarga y electrodo colector) de polos opuestos, que se realiza mediante corriente continua. La mezcla de polvo y aire ingresa al dispositivo, primero pasa por los electrodos de descarga, donde las partículas suspendidas reciben una carga, mientras pasa por el campo ionizado, la interacción entre el campo y la carga hace que las partículas sean atraídas, luego por los electrodos colectores con polaridades opuestas se adhieren a ellos y al ponerse en contacto con las superficies de colección, las partículas pierden su carga eléctrica y pueden ser removidas fácilmente por vibración, por lavado o por gravedad. (ACGIH, 1988)

- **Filtro de Tela**

Pertenecen a los colectores de vía húmeda y seca, que eliminan partículas a través de mecanismos de interferencia, colisión y difusión. Los tejidos pueden incluir cualquier material fibroso, tanto natural como artificial. Cuando la mezcla pasa por el filtro de tela, las partículas se adhieren a la tela principalmente debido a la fuerza de inercia incrustada en los hilos. La capacidad de un tejido para dejar pasar el aire es su permeabilidad. Para una determinada tela, cuanto mayor sea la eficiencia, menor será el diámetro del hilo, mayor será el peso de la superficie y mayor será la torsión del hilo. La selección de una tela de alta permeabilidad y gran facilidad de limpieza y por tanto de una baja eficacia no presupone un defecto tan importante como parece a primera vista.

La eficacia del material filtrante sólo es significativa la primera vez que entra en servicio. Una vez que la tela ha trabajado un cierto tiempo, son las propias partículas retenidas las que actúan como filtro, aumentando la eficacia de filtración, a medida que se va llenando de polvo. (ACGIH, 1988).

- **Depuradores Húmedos**

También conocidos como lavadores de gases, estos pertenecen a los colectores de vía húmeda y pueden manejar gases a altas temperaturas o saturados de humedad. Cuando el polvo se recolecta con un depurador húmedo, no tiene el problema de generación secundaria de polvo durante el manejo o transporte del material recolectado en el filtro. Y tienen una característica única: la capacidad de humidificar el aire. Cuando los materiales en polvo presentan riesgo de incendio o explosión cuando están secos, el uso de un depurador húmedo evita o al menos reduce

este riesgo. Sin embargo, el uso de agua puede contribuir a la formación de corrosión en el interior del dispositivo. (ACGIH, 1988)

- **Separadores Centrífugos**

Los separadores centrífugos por vía seca eliminan las partículas contenidas en una corriente de aire mediante la acción de fuerzas centrífugas, gravitacionales o de inercia. (ACGIH,1988)

2.2.11 Ciclón

Gracias al manual ACGIH (1988) podemos determinar que un ciclón es un dispositivo de separación utilizado para eliminar partículas sólidas o líquidas suspendidas en un flujo de gas o aire. Se basa en el principio de la fuerza centrífuga para separar las partículas del flujo de gas.

El funcionamiento de un ciclón está basado en la creación de un flujo de gas o aire en forma de vórtice. El flujo de gas ingresa tangencialmente al ciclón, lo que genera una fuerza centrífuga que hace que las partículas más pesadas se muevan hacia la pared del ciclón, mientras el gas limpio y depurado se mueve hacia el centro del ciclón y se descarga a través de un tubo de salida en la parte superior y a medida que el gas gira en el ciclón, las partículas más grandes chocan con las paredes y caen hacia el fondo del ciclón, donde se recogen y se retiran. (Ver Figura 4)

Los ciclones pueden ser diseñados en diferentes formas y tamaños para adaptarse a diferentes aplicaciones. También se pueden utilizar en combinación con otros equipos, como filtros, para lograr una mayor eficiencia en la separación de partículas.

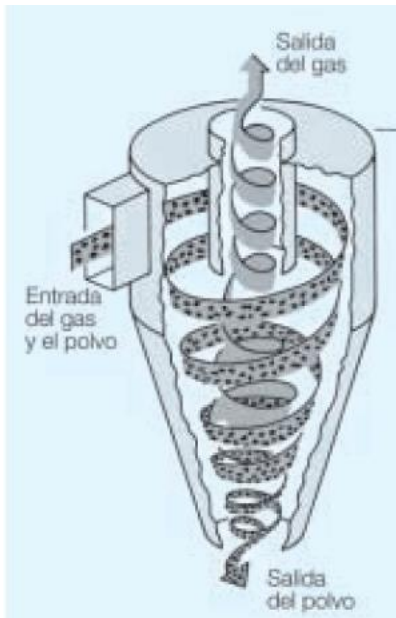


Figura 4. Esquema de un ciclón
Fuente: Escoda (2009)

2.2.12 Tanque Mezclador “Crutcher”

El “Crutcher” es un mezclador vertical, el cual se utiliza durante el proceso de Saponificación para añadir y mezclar los aditivos líquidos y sólidos. Este tanque está conformado por un recipiente de acero al carbono o acero inoxidable, dentro del cual se encuentra un grupo de batido o mezcla, el cual está formado por una hélice vertical, la cual gira dentro de un cilindro. Esta hélice aplica un movimiento a la mezcla ascendente dentro del cilindro, lo que permite asegurar la mezcla de las materias y se produzca el proceso de saponificación. También está equipado con una camisa de calentamiento o serpentines de vapor para permitir calentar la mezcla y así acelerar la reacción de saponificación que ocurre a unos 90°C. En el fondo tiene una pala cuya rotación impide que el producto se deposite en la base del Crutcher y manteniendo libre la compuerta de descarga.

2.2.13 Sistemas CAD

El diseño asistido por computadora (CAD) consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto. Para autores como Rojas (1999) el CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensamblajes hasta la definición del método de fabricación. El CAD permite a los ingenieros simular el comportamiento del modelo antes de la construcción del prototipo, modificando si es necesario sus parámetros, la generación de planos con todas sus vistas, detalles y secciones y con la posibilidad de conectarse a un sistema de fabricación asistida por computadora (CAM) para su mecanización automática.

2.2.14 Número de Reynolds

Reynolds (1874) estudió las características de flujo de los fluidos inyectando un trazador dentro de un líquido que fluía por una tubería. A velocidades bajas del líquido, el trazador se mueve linealmente en la dirección axial. Sin embargo, a mayores velocidades, las líneas del flujo del fluido se desorganizan y el trazador se dispersa rápidamente, después de su inyección en el líquido. El flujo lineal se denomina Laminar y el flujo errático obtenido a mayores velocidades del líquido se denomina Turbulento.

Se considera el número de Reynolds como la relación de fuerzas de inercia a fuerzas viscosas y es un parámetro conveniente para predecir si una condición de flujo será laminar o

turbulento. Se puede interpretar que cuando las fuerzas viscosas son dominantes (flujo lento, baja Re) son suficientes para mantener todas las partículas de fluido en línea, entonces el flujo es laminar. Incluso Re muy bajo indica movimiento de arrastre viscoso, donde los efectos de inercia son insignificantes. Cuando las fuerzas de inercia dominan sobre las fuerzas viscosas (cuando el fluido fluye más rápido y Re es más grande), el flujo es turbulento

Las características que condicionan el flujo laminar dependen de las propiedades del líquido y de las dimensiones del flujo. Conforme aumenta el flujo másico aumenta las fuerzas del momento o inercia, las cuales son contrarrestadas por la por la fricción o fuerzas viscosas dentro del líquido que fluye. Cuando estas fuerzas opuestas alcanzan un cierto equilibrio se producen cambios en las características del flujo.

En base a los experimentos realizados por Reynolds en 1874 se concluyó que las fuerzas del momento son función de la densidad, del diámetro de la tubería y de la velocidad media. Además, la fricción o fuerza viscosa depende de la viscosidad del líquido. Según dicho análisis, el Número de Reynolds se definió como la relación existente entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento).

$$N_{Re} = \frac{\text{Fuerzas-Inerciales}}{\text{Fuerzas-viscosas}} = \frac{\rho DV}{\mu}$$

Este número es adimensional y puede utilizarse para definir las características del flujo dentro de una tubería.

El número de Reynolds proporciona una indicación de la pérdida de energía causada por efectos viscosos. Observando la ecuación anterior, cuando las fuerzas viscosas tienen un efecto dominante en la pérdida de energía, el número de Reynolds es pequeño y el flujo se encuentra en el régimen laminar. Si el Número de Reynolds es 2100 o menor el flujo será laminar. Un número de Reynolds mayor de 10 000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía y el flujo es turbulento.

2.2.15 Clasificación de Ventiladores

Un ventilador se define como una máquina propulsora de aire en forma continua por acción aerodinámica. Hay tres tipos básicos de ventiladores: centrífugos, helicoidales y axiales, los dos últimos a menudo se clasifican en un mismo grupo, sin embargo, sus diferencias en cuanto a construcción y características son tales que requieren una clasificación separada.

- **Ventilador Centrífugo:** Este tipo de ventilador desplaza el aire en 90° ayudando a estabilizar las corrientes de aire en ambientes de máxima presión estática. Es decir, el aire ingresa en dirección a su eje, pero luego de ser expulsado hacia el exterior a través de la salida deflexión en un ángulo de 90°. Suele utilizarse un ventilador centrífugo en edificaciones donde el aire necesita moverse contra una presión estática moderada como en conductos y en lugares con intercambios de calor frecuentes.

El ventilador centrífugo está formado por un impulsor que gira dentro de una carcasa en forma de voluta o caracol tal como se indica en la figura 5. El impulsor tiene un número determinado de hojas o placas alrededor de su periferia similar a una rueda hidráulica o ruedas de paletas de un barco de Río. La carcasa tiene una entrada en el eje de la rueda y una salida perpendicular a este, tal como indica en la figura 5

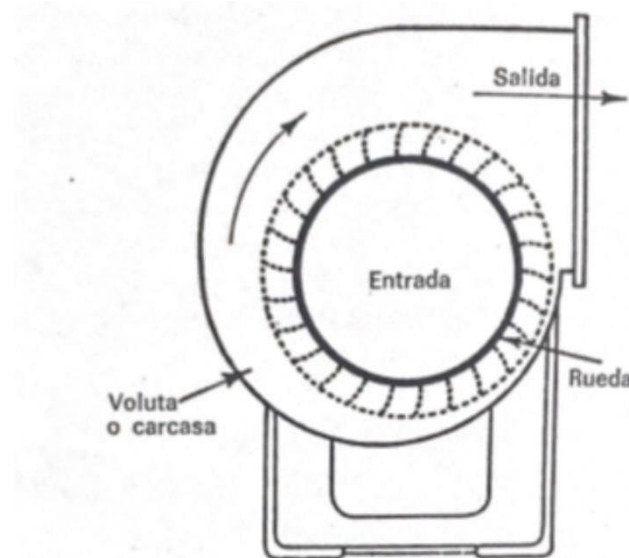


Figura 5. Disposición general de un ventilador centrífugo
Fuente: airelimpioglobal.com, (2021)

Cuando el impulsor gira, las hélices en su periferia despiden el aire por centrifugación en la dirección de rotación. Este entra en la voluta y es forzado hacia la salida tan pronto como abandona la hélice. Al mismo tiempo, el aire es aspirado a la entrada para reemplazar al que ya ha salido. El aire entra en forma axial, gira en ángulo recto a través de las aletas y es despedido en forma radial. La finalidad de la carcasa es convertir la presión estática en presión dinámica desarrollada en la extremidad de las paletas. (Ver Figura 6)

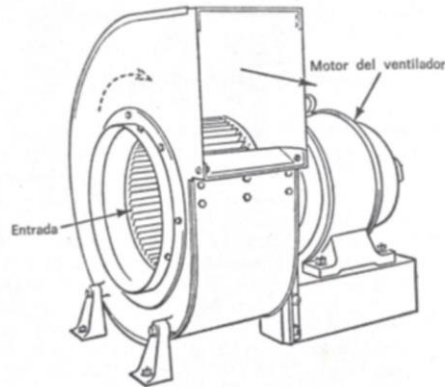


Figura 6. Ventilador centrífugo típico
Fuente: airelimpioglobal.com, (2021)

- **Hélices radiales rectas:** Este tipo es de forma simple y el más antiguo. Generalmente estos ventiladores son voluminosos comparados con su capacidad. Su rendimiento no es muy elevado y son destinados a presiones moderadas. Una de sus ventajas es que los materiales que se encuentran en el flujo de aire no se adhieren a las palas. Son capaces de auto limpiarse, lo cual es una ventaja en caso de que el aire estuviese cargado de polvo.
- **Hélices curvadas hacia delante (forward):** Estos ventiladores también son conocidos como Multípalas, debido a que generalmente tienen una gran cantidad de alabes con poca altura radial (poca anchura). Los alabes poseen su curvatura cóncava en sentido de la rotación generando un efecto de cuchara en el aire., la velocidad del aire saliendo de este tipo es más grande que otros, en consecuencia, este diseño mueve más aire que otros para un diámetro y velocidad dada. Son utilizados en ventiladores de tamaño pequeño y medio especialmente en usos residenciales y comerciales ya que el ruido es un factor a tener en cuenta.
- **Hélices curvadas hacia atrás (backward):** Los mejores rendimientos en ventiladores centrífugos se obtienen cuando los alabes son curvados hacia atrás. Estos poseen el lado convexo en el sentido de la rotación, lo cual favorece el flujo del aire a través de los alabes reduciendo el choque y las pérdidas por remolinos. Los alabes son más largos radialmente y pesados que del tipo curvado hacia adelante, pero su rendimiento es algo mayor.
- **Variaciones en el diseño:** La realización de los tres tipos básicos de ventiladores centrífugos algunas veces puede variar con el fin de mejorar sus características. Dos formas diferentes de alabes pueden combinarse en una. Se usa también una curvatura doble. El tamaño es una desventaja de los ventiladores centrífugos, por ello a fin de reducir su

volumen y también su precio, en la práctica para grandes volúmenes de aire, las ruedas se construyen de doble ancho y llevan en ambos lados de la carcasa entradas de aire. Estos son conocidos como ventiladores de doble entrada ya que proporcionan un volumen doble al de los ventiladores de simple entrada e igual diámetro de rueda y velocidad.

- **Ventilador Axial:** El ventilador axial es todo ventilador en que el flujo de aire pasa en dirección paralela a su eje. Los ventiladores axiales pueden mover grandes volúmenes de aire con muy poca presión.



Figura 7. Ventilador axial típico

Fuente: airelimpioglobal.com, (2021)

Los ventiladores axiales son componentes que mueven grandes cantidades de aire o gas de un espacio a otro. En los axiales el movimiento se realiza en forma paralela al eje de la hélice.

En los ventiladores el aire es propulsado por una hélice la cual está equipada con un numero de palas, las cuales están colocadas dentro de una carcasa que a la vez está dentro del eje de un motor que la hace rotar.

Los ventiladores a disimilitud de los ventiladores centrífugos son convenientes utilizar cuando se necesita mover una gran cantidad de aire o gas a baja presión. Sirven para hacer el remplazo de aire de un espacio cerrado por uno de mejor calidad simultáneamente en baja presión. Estos ventiladores son convenientes para extracción.

Para la elección del ventilador se tiene que tener en cuenta estos puntos de referencia: caudal, presión y tipo de instalación donde se van a emplear. Teniendo en cuenta estos criterios se realizan los cálculos para prevenir que no siga el recorrido paralelo que debe tener. Mediante las pruebas se puede determinar el caudal, presión, nivel sonoro, eficiencia, potencia, velocidad.

Los motores pueden verse expuestos en algunos casos al flujo de aire, por lo que pudiera afectarse ante el calor de las altas temperaturas y los contaminantes. En estos casos se tiene el tipo de ventilador axial bifurcados en donde el motor esta fuera del flujo de aire.

Estos ventiladores no son la solución más efectiva en el empuje del aire a través de los ductos. Los beneficios de los ventiladores axiales dependen de los siguientes factores como principales y la influencia:

- El diámetro del ventilador: según las leyes de los ventiladores el caudal aumenta de forma cubica al diámetro: la presión está relacionada con el cuadro del diámetro. A doble diámetro se tendrá 4 veces más presión.
- Las revoluciones: el caudal es directamente proporcional a la velocidad del eje.
- El ángulo de las palas o alabes: se determina como el ángulo en la cuerda del extremo de la pala en relación al eje del ventilador. El caudal se incrementa de forma lineal con el seno de este ángulo.
- La cantidad y la anchura de las palas: Si mantenemos la misma cantidad de palas, pero le agregamos anchura se incrementará la zona útil del ventilador.
- Existen tres tipos de ventiladores axiales: Helicoidales, tubulares y tubulares con directrices.
- Ventilador helicoidal: es uno de los modelos más utilizados comúnmente, son de instalación sencilla y no requiere demasiada potencia para cambiar el aire de un espacio en un tiempo muy rápido. Hay que tomar en cuenta los siguientes puntos si se quiere instalar un ventilador helicoidal. El caudal y la presión, el ruido, aunque son más silenciosos que antes, siguen siendo ruidosos. Consumo de energía existen diferentes modelos que economizan el gasto de energía.
- Ventilador axial tubular: para presión de baja a mediana puede ser de transmisión directa por correa y aspas de aluminio o acero. Como características tienen un tamaño compacto, flexibilidad al momento de instalar puede ser en vertical, horizontal o en algún ángulo.
- Ventilador tubular con directrices: Son como los otros dos tipos, pero tienen mayor eficacia y rendimiento.

2.2.16 Ecuación de Darcy - Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería. La ecuación fue

inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Darcy. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia, hasta la forma en que se conoce actualmente.

En la dinámica de fluidos, la ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación fenomenológica, que relaciona la pérdida de carga principal o pérdida de presión, debido a la fricción del fluido a lo largo de una longitud determinada de tubería con la velocidad promedio. Esta ecuación es válida para un flujo monofásico totalmente desarrollado, constante e incompresible.

La ecuación de Darcy-Weisbach se puede escribir en dos formas (forma de pérdida de presión o forma de pérdida de cabeza). En el formulario de pérdida de cabeza se puede escribir como:

$$\frac{\Delta h}{L} = f_D \cdot \frac{1}{2g} \cdot \frac{V^2}{D}$$

Dónde:

- Δh = la pérdida de carga debido a la fricción (m)
- f_D = el factor de fricción de Darcy (sin unidades)
- L = Longitud del tubo (m)
- D = Diámetro hidráulico de la tubería D (m)
- g = Constante gravitacional (m / s^2)
- V = Velocidad media del flujo V (m / s)

La pérdida de carga continua es directamente proporcional a la velocidad del líquido y a la longitud del tramo de tubería que estamos considerando, e inversamente proporcional a su diámetro.

La evaluación de la ecuación de Darcy-Weisbach proporciona información sobre los factores que afectan la pérdida de carga en una tubería.

La longitud de la tubería o el canal se duplica, la pérdida de carga por fricción resultante se duplicará.

A una velocidad de flujo constante y longitud de la tubería, la pérdida de carga es inversamente proporcional a la cuarta potencia de diámetro (para flujo laminar), y así reducir el diámetro de la tubería a la mitad aumenta la pérdida de carga en un factor de 16. Este es un aumento

muy significativo. en pérdida de carga, y muestra por qué las tuberías de mayor diámetro conducen a requisitos de potencia de bombeo mucho más pequeños.

Dado que la pérdida de carga es aproximadamente proporcional al cuadrado del caudal, entonces, si el caudal se duplica, la pérdida de carga aumenta en un factor de cuatro.

La pérdida de carga se reduce a la mitad (para flujo laminar) cuando la viscosidad del fluido se reduce a la mitad.

2.3 Bases Legales

La investigación tiene basamentos legales en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, así como la Normativa de higiene y buenas prácticas del Ministerio del Poder Popular para la Salud de Venezuela, las Normas de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), estas son importantes ya que regulan el proceso para la formulación de jabón, entre las más destacadas se tienen en cuenta las siguientes normas:

- Covenin 1540:1999: Jabones y combinados para lavar de uso doméstico. Requisitos, definiciones y clasificación.
- Covenin 2711:1996: Tensioactivos aniónicos alquilbenceno sulfonatos. Requisitos.
- Covenin3448:1999: Jabones y combinados para lavar de uso doméstico. Determinación del contenido de materia activa aniónica.
- Covenin 1620:1995: Jabones. Determinación de los ácidos grasos totales.
- Covenin 1621:1995: Jabones. Determinación de jabón anhidro total.
- Covenin 1622-1995: Jabones. Determinación de glicerol libre.
- Covenin 1623:1995: Jabones. Determinación de ácido o álcali libre.
- Covenin 1624:1995: Jabones. Determinación de materias insolubles en agua.
- Covenin 1626:1995: Jabones. Determinación de materia insaponificada e insaponificable.
- Covenin 1668:1995: Jabones. Determinación de humedad y materias volátiles (horno de aire)
- Covenin 1695:1995: Jabones. Determinación de cloruros.

En el ámbito internacional la Norma 199-2016 de ANSI/ASHRAE prescribe el primer método de prueba de laboratorio para medir emisiones, presión diferencial promedio y consumo de aire en colectores de polvo limpiados por pulsos bajo condiciones de funcionamiento realistas. Se pretende mejorar los Valores de eficiencia Mínima Informado (MERV), un sistema de

clasificación desarrollado para los filtros HVAC por ASHRAE 52.2, pero que se ha aplicado a los colectores de polvo durante los últimos años en ausencia de métodos de prueba más relevantes.

2.4 Definición de Términos

Abrasividad: Un abrasivo es una sustancia, por lo general granulada, que actúa sobre otros materiales aplicándole diferentes clases de fuerza mecánica para lograr su desgaste, pulimento, molienda, desbaste, bruñido, rectificado, afilado, lapeado, arenado, triturado, raspado, afinado, refinado o corte.

Colector de polvo: es un sistema que mejora la calidad del aire liberado por procesos industriales o comerciales mediante la recolección de polvo y otras impurezas de un gas o aire

Diseño mecánico: consiste en la aplicación de la ingeniería mecánica para dimensionar y dar forma a productos antes de ser fabricados, con el fin principal de cumplir requisitos puramente mecánicos y satisfacer las necesidades para las que han sido concebido.

Extracción localizada: tiene como objetivo captar el contaminante en el lugar más próximo posible del punto donde se ha generado, el foco contaminante, evitando que se difunda al ambiente.

Mecánica de fluidos: Rama de la física comprendida que estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos.

Permeabilidad: es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Saponificación: es una reacción química entre un ácido graso (o un lípido saponificable, portador de residuos de ácidos grasos) y una base o álcali, en la que se obtiene como principal producto la sal de dicho ácido y la base.

Micrón: Una micra o micrómetro es otro submúltiplo de la unidad de medida, metro, y corresponde a una millonésima parte de dicha unidad. Su símbolo es μm .

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El contexto metodológico es la parte principal del estudio e implica un conjunto de procedimientos lógicos inherentes a todo el proceso. Arias (2012). Explica el marco metodológico como el “tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación.” (p.110). Este método se basa en la formulación de hipótesis que pueden ser confirmadas o refutadas por investigaciones relacionadas con el problema.

3.1 Enfoque de la Investigación

El enfoque tecnológico se refiere a la aplicación de conocimientos, herramientas y técnicas relacionadas con la tecnología para abordar problemas o responder preguntas de investigación. Según Smith y Johnson (2018), el enfoque tecnológico implica el uso de tecnologías existentes o el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas para mejorar procesos, resolver desafíos o explorar nuevas oportunidades. Esta perspectiva se basa en la idea de que la tecnología puede ser una herramienta poderosa para mejorar la sociedad y la forma en que interactuamos con nuestro entorno.

Basándose en esta definición, se determina que esta investigación tiene un enfoque tecnológico porque se centra en el diseño e implementación de un sistema tecnológico para resolver un problema específico. Según Johnson y Brown (2020), el diseño de sistemas tecnológicos implica la aplicación de principios de ingeniería y el uso de herramientas tecnológicas para crear soluciones innovadoras. En este caso, el objetivo del presente trabajo es diseñar un sistema de aspiración de polvo que mejore la calidad del aire en un tanque mezclador, lo cual requiere el conocimiento y la aplicación de tecnologías de filtrado y extracción de polvo. El enfoque tecnológico se manifiesta a través del proceso de diseño, la selección de los componentes tecnológicos adecuados y la evaluación del sistema propuesto.

3.2 Tipo de Investigación

Autores como Arias (2012) indica que se realizará una investigación para dar respuesta al problema planteado e incluye el tipo o tipos de investigación, métodos y herramientas que se utilizarán para realizar la investigación. Al mismo tiempo, describe un proyecto factible como el desarrollo de una propuesta viable que explora necesidades específicas a partir de un diagnóstico.

Este trabajo se encuentra enmarcado en una investigación de tipo proyecto factible, ya que se trata de una propuesta de acción para solucionar la problemática causada por la cantidad de material particulado suspendido en el aire en el área de formulación de jabones para una empresa fabricante de productos de limpieza, el cual se considera un problema o necesidad real. Es indispensable que la citada propuesta vaya acompañada de un estudio que demuestre su factibilidad o factibilidad.

3.3 Diseño de la Investigación

Del mismo modo, Arias (2012) pronuncia que un diseño de campo consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios). Es así que el trabajo de campo también utiliza datos secundarios, especialmente de fuentes bibliográficas, sobre los que se desarrolla un marco teórico.

Es por ello, que esta investigación se basa en un diseño de campo. Ya que los datos se recogieron en el sitio donde ocurre la problemática en estudio y a su vez se ejecuta un proceso riguroso y sistemático de recolección, tratamiento y análisis de datos obtenidos de una empresa fabricante de productos de limpieza, específicamente en el área de formulación donde está la problemática de material particulado suspendido en el aire.

De igual manera, la investigación se encuentra apoyada a su vez de un diseño documental, ya que para la misma recolecta datos obtenidos por otros investigadores con el fin de adquirir nuevos conocimientos. En relación a esto, Arias (2016) dicen que el diseño documental en un “proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p. 27).

Es por esto que la investigación presenta un diseño apoyado en una investigación de campo y documental, ya que se recolectaron datos directo del sujeto de estudio y de fuentes documentales secundarias como registros previos que existen en la planta sobre el caso de estudio.

3.4 Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación, según Arias (2016) se refiere al “grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23), la presente investigación tiene un nivel descriptivo, ya que la misma busca comprender la realidad sobre un grupo, persona o cosa en la actualidad. En relación con esto, Palella y Martins (2012) afirman lo siguiente:

El propósito de este nivel es el de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El nivel descriptivo hace énfasis sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente (p. 92).

Es por esto que se le asigna este nivel al presente trabajo de investigación, debido a que se busca una descripción del proceso riguroso y sistemático de recolección, tratamiento y análisis de datos obtenidos de una empresa fabricante de productos de limpieza, específicamente en el área de formulación donde está la problemática de material particulado suspendido en el aire.

3.5 Población y Muestra

Todo estudio requiere de la correcta determinación del tamaño poblacional y muestral necesario para su ejecución, ya que, sin esto, la investigación podría no contar con el correcto número de sujetos, lo que imposibilita estimar adecuadamente los parámetros, así como determinar diferencias significativas, cuando sí existan. Por otro lado, se podría llegar a estudiar a una cantidad innecesaria de sujetos, lo cual conlleva una pérdida de tiempo, inversión innecesaria de recursos y una modificación en la calidad del estudio.

Con relación a la población, Según Arias (2012), en su investigación afirma que:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio (p.81).

En función a esto, se tomó en este caso como población al área de formulación de jabones. A su vez, en la presente investigación no se va a trabajar con la totalidad del área de formulación de jabones, sino que, con una parte de los mismos, es por esto que existe la muestra, que no es más que “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2016, p. 83), este subconjunto está conformado por esos equipos con características similares. Tomando esto como referencia se definió al tanque mezclador como la muestra.

3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Después de definir los límites del problema y especificar el tipo, nivel y diseño del estudio a realizar, se determinaron los métodos, técnicas y herramientas de recolección de datos que se utilizaron durante la investigación, dependiendo de los objetivos planteados. porque ellos mismos permitieron el análisis del problema para sacar conclusiones y recomendaciones para solucionar este problema.

3.6.1 Técnicas de Recolección de Datos

Según Fideas G. Arias (2016, p. 67) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. Por su parte, Palella y Martins (2012, p. 115) definen a las técnicas de recolección de datos como “las distintas formas o maneras de obtener la información”. En ese sentido, las técnicas que se utilizarán son:

- **Observación Directa:** Para Arias (2012), Esta técnica consiste en la visualización sistemática o fijación visual de cualquier realidad, fenómeno o situación que ocurre en la naturaleza o en la sociedad, en función, de los objetivos de la investigación preestablecidos, por ende, haciendo acto de presencia en el campo de estudio, se atestiguará el estado actual del área, con la finalidad de obtener y registrar información para su posterior análisis.
- **Revisión Documental:** Arias F (2012), lo define como “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales, impresas, audiovisuales, software ganadero o páginas electrónicas”. (p, 27). Por medio de la revisión documental se obtendrá información de datos a partir de documentos escritos propios de la empresa.
- **Revisión Bibliográfica:** Lo establecido por Gálvez, A (2002) es que “es un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea clínica, docente, investigadora o de gestión” (p,34). Mediante esta técnica se elabora una base teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisarán trabajos de grados con problemáticas similares, así como también libros y páginas electrónicas.

3.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

La aplicación de una técnica se traduce en la obtención de información, esta debe ser recolectada en un material físico para su posterior procesamiento, análisis e interpretación. A este material se le denomina instrumento. Fideas G. Arias (2016, p. 68) define a los instrumentos de recolección de datos como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. En ese sentido, se emplearán los siguientes instrumentos:

- **Entrevista Semiestructurada:** Una entrevista semiestructurada es un tipo de entrevista que combina características de las entrevistas estructuradas y abiertas. En una entrevista

semiestructurada, el entrevistador tiene una guía de preguntas predefinidas, pero también tiene la flexibilidad de explorar temas adicionales o permitir que el participante aborde aspectos que consideren relevantes. Según Flick (2014), en una entrevista semiestructurada, se establecen preguntas clave que guían la conversación, pero también se permite una interacción más abierta y natural, brindando al participante la oportunidad de expresar sus opiniones y experiencias de manera más amplia.

Esta técnica de investigación es ampliamente utilizada en estudios cualitativos, ya que permite recopilar datos detallados y enriquecer la comprensión del fenómeno estudiado. Las preguntas semiestructuradas proporcionan una base para mantener la coherencia y la comparabilidad entre los diferentes participantes, al tiempo que permiten la adaptación a las particularidades de cada entrevista. La flexibilidad en las respuestas y el intercambio interactivo de información durante la entrevista promueven la generación de datos ricos y contextualizados.

3.7 Técnicas de Análisis de Resultados

Según lo estipulado por Arias (2012), este refiere que las técnicas de recolección de datos “son las distintas formas o maneras de obtener la información mediante la observación directa, el cuestionario, la hoja de registro, el análisis documental y el análisis de contenido entre otros.

Es por ello que, cuando se aplique los instrumentos, y se realice la recolección de la información, en este caso la observación directa y la entrevista según la actividad a cumplir, se procederá a la tabulación y análisis de los datos de acuerdo a las técnicas de la estadística descriptiva y herramientas de ingeniería, como lo son la Técnica de Ponderación, será registrada en cuadros, cuyos resultados se ilustrarán de manera que se perciban con mayor claridad los resultados obtenidos en la investigación. Por lo tanto, se utilizaría una técnica de análisis cuantitativa ya que implica el uso de números para evaluar la información.

- **Técnicas de Ponderación:** La ponderación es una técnica estadística que se puede utilizar para corregir cualquier desequilibrio en los perfiles de muestra después de la recolección de datos. Una ponderación estadística es una cantidad que se da para aumentar o disminuir la importancia de un elemento, ya que muchas veces los datos recopilados de las encuestas no son exactamente de una muestra representativa de la población. Generalmente, se utiliza para que el perfil de la población de estudio coincida en más de 1 variable para obtener una muestra lo más representativa posible.

3.8 Fases Metodológicas

A continuación, se presentan las fases de la investigación, donde se describirán el procedimiento a seguir para cumplir con los objetivos específicos planteados en el capítulo I de la presente investigación.

FASE I: Diagnóstico de las propiedades biológicas, químicas o físicas además de las propiedades intrínsecas de cada uno de los aditivos y materias primas involucradas para cada tipo de jabón.

Durante esta fase, se determinaron que materias primas están involucradas en el proceso de formulación del jabón y sus propiedades biológicas, químicas y físicas mediante la implementación de herramientas de recolección de datos como lo son la observación directa, la entrevista y la revisión bibliográfica.

La observación directa se realizó durante todo el proceso de formulación de jabón y posteriormente la revisión bibliográfica para la investigación de propiedades fisicoquímicas observadas.

FASE II. Determinación de las variables que interviene en la variabilidad de la calidad en la formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza.

Durante esta fase se determinaron que factores afectan durante el proceso de mezcla de materias primas en la formulación. Para el análisis de las variables que influyen durante el proceso, apoyándose de los datos obtenidos en la entrevista, se utilizó la revisión documental para determinar las variables imprescindibles durante el proceso de formulación que no deben ser interferidas por el sistema de aspiración de polvo.

FASE III. Selección de solución más viable que permita extraer las partículas de polvo proveniente del aire durante el proceso de formulación de jabones.

Una vez identificada y analizadas las materias primas que se utilizaron y las variables imprescindibles para el proceso de formulación, se determinó la solución más pertinente para el desarrollo del sistema de aspiración de polvo.

FASE IV. Diseño del sistema de aspiración de polvo seleccionado para el proceso de formulación de jabones.

Una vez identificados y analizados los materiales y variables, de acuerdo con el tipo de sistema de aspiración de polvo seleccionado, se procedió al diseño del sistema de aspiración de

polvo, tomando en cuenta el espacio disponible diagnosticado en la observación directa para su uso en una empresa fabricante de productos de limpieza.

FASE V. Evaluación de la viabilidad económica, técnica, operativo y ambiental del sistema diseñado.

Durante esta fase se evaluó el rendimiento y su viabilidad tanto económica como técnica, operativa y ambiental del sistema de aspiración diseñado previamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En los capítulos anteriores se establecieron los parámetros técnicos, teóricos y metodológicos que dan sustento a la realización del proyecto, no obstante, en las siguientes páginas se presentan los resultados obtenidos durante la ejecución de las fases enunciadas anteriormente.

4.1 Fase I: Diagnóstico de las propiedades biológicas, químicas o físicas además de las propiedades intrínsecas de cada uno de los aditivos y materias primas involucradas para cada tipo de jabón.

Durante esta fase, se determinaron las materias primas involucradas en el proceso de formulación del jabón y sus propiedades biológicas, químicas y físicas mediante la implementación de herramientas de recolección de datos como la observación directa, la entrevista y la revisión bibliográfica.

La observación directa se realizó durante todo el proceso de formulación de jabón y posteriormente se llevó a cabo la revisión documental para investigar las propiedades fisicoquímicas observadas. El objetivo era diagnosticar las propiedades de los aditivos y materias primas involucrados en la fabricación de jabones.

4.1.1 Análisis de la Observación Directa

- **Proceso**

El proceso de formulación de jabón está comprendido por varias etapas. En el área de formulación de la barra es donde llega el jabón base luego de haber pasado por el proceso de saponificación, el jabón base se suministra desde un tanque de almacenamiento en el área de almacenamiento de materias primas a través de una tubería hasta el tanque Mezclador o “Crutcher”.

Una vez suministrado una cantidad aproximada entre 1500 – 2000 Kg de jabón base, se detiene el suministro, se inicia la agitación y se empieza con la adición de los aditivos en sacos, que previamente debieron ser prepesados según la receta a utilizar en el área de Prepesaje y son enviados en una paleta mediante un montacarga al área de formulación, los cuales primero son añadidos los ingredientes de menor peso que son mezclados con agua para que se diluyan

fácilmente en la mezcla de jabón dentro del tanque mezclador, luego se empiezan a suministrar los sacos de mayor tamaño que pueden ser en presentaciones de 20 y/o 25 Kg.

Estos sacos son movilizados desde la paleta con un manipulador de carga por vacío hasta el tanque mezclador, una vez el saco se encuentre reposando sobre el tanque, con el uso de una cuchilla se procede a realizar el corte del saco para su descarga en el tanque mezclador, al momento de suministrar el material es cuando surge la nube de polvo. Este proceso se repite continuamente para cada saco, una vez que todos los sacos sean añadidos, se inicia la descarga de material líquido al Tanque Auxiliar, primero se envía la glicerina, una vez que en el sistema supervisorio se observa que en el Tanque Auxiliar hay la cantidad de glicerina requerida, se envía al tanque mezclador, luego se repite el mismo procedimiento, pero esta vez para el agua.

Una vez agregados los aditivos en sacos y los líquidos se continúa con el envío de Jabón Base hasta llegar aproximadamente a los 5000 Kg, se detiene el envío junto con la agitación, luego se sopla vapor que se mantiene en una presión de 170 Psi por la misma tubería de Jabón Base para terminar de transferirlo.

Todo este procedimiento se hace un máximo de seis veces por turno, en lo que se le conoce como Batch, los cuales duran en promedio 40 minutos. Cuando el sistema supervisorio detecta que el nivel del Tanque Pulmón baja a 80%, este envía automáticamente el Jabón Formulado desde el Mezclador al Tanque Pulmón, hasta que el indicador de nivel indique un 95%, luego de esto se sopla vapor por la misma tubería donde se envió el jabón en un tiempo programado de 120 segundos. Todo esto ocurre de forma automática sin necesidad de la acción manual por parte del operador, a menos que haya alguna falla en los indicadores de nivel y deba realizarse de forma manual.

Es importante recalcar, que mientras más sacos son agregados, la nube de polvo crece hasta incluso llegar a expandirse afuera del Área de Formulación, ensuciando así otras áreas de la planta, o incluso al punto de tener que detener el Batch por limpiar el área debido a que el polvo imposibilita el trabajo. A continuación, se presenta el diagrama de proceso de formulación de jabones. (Ver Figura 8)

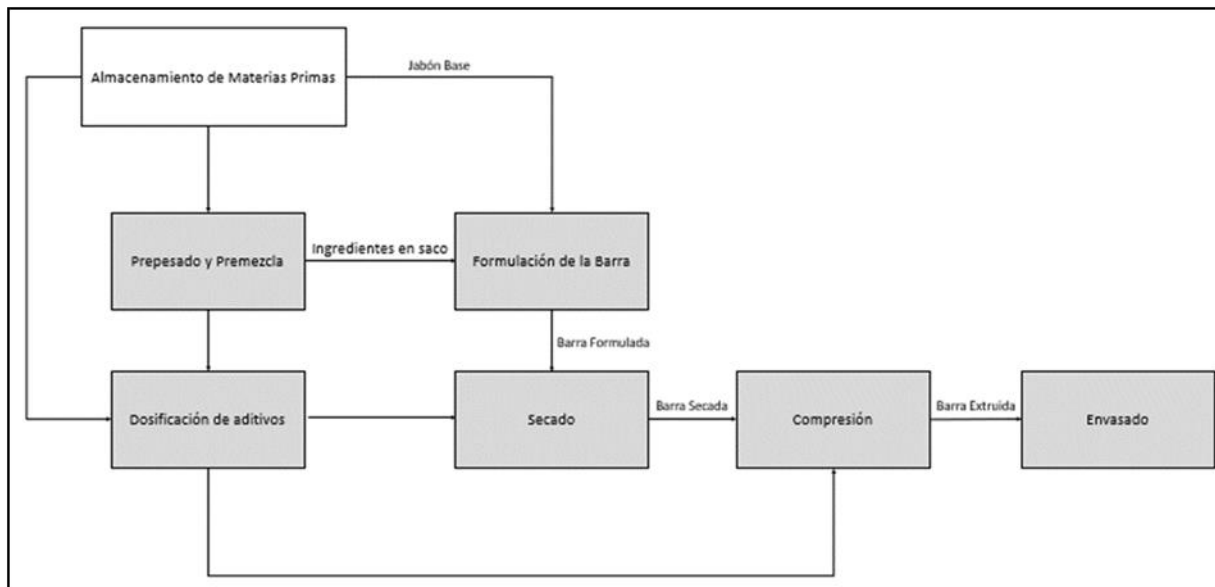


Figura 8. Diagrama de Proceso de Formulación de Jabones

Fuente: Gomez (2023)

- **Materias Primas**

Las materias primas utilizadas durante el proceso de formulación varían dependiendo de la receta del jabón a formular, las materias observadas fueron: Arcilla Montmorillonita, Carbonato de Calcio, Carbonato de Sodio, Tripolifosfato de Sodio. Las propiedades de cada uno de estos aditivos fueron obtenidas mediante el sistema de información de la empresa, a continuación, se presenta la información obtenida.

Arcilla Montmorillonita

También conocida como Bentonita, es una materia prima con una gravedad específica de 592 g/l y una humedad máxima de 15%. Su pH no debe superar el valor de 6 y su granulometría no debe ser mayor a 20 @ malla 200. Esta arcilla se caracteriza por su alto contenido de silicatos y aluminatos, lo que le confiere una alta capacidad de absorción de agua y sustancias orgánicas. Además, su estructura laminar le proporciona propiedades tixotrópicas, lo que significa que su viscosidad disminuye al ser sometida a fuerzas de corte. La arcilla montmorillonita es un polvo fino que puede generar una gran cantidad de polvo en suspensión en el aire durante su manipulación.

Su baja humedad y pH ácido pueden hacer que sea más propensa a la generación de polvo y, por lo tanto, puede requerir un mayor control de la emisión de polvo durante su manipulación.

La granulometría fina de la arcilla montmorillonita puede requerir una filtración adecuada en el sistema de aspiración para evitar que las partículas más pequeñas se escapen del sistema.

Carbonato de Calcio

Tiene una gravedad específica de 580 g/l y una humedad que puede variar entre el 0,03% y el 0,50%. Su pH oscila entre 8 y 10 en una solución al 10%, y su granulometría es menor a 99,50 @ malla 325 (45 micras). El carbonato de calcio es un mineral de origen natural, formado por la acumulación de restos orgánicos de animales marinos y es ampliamente utilizado en la industria química, alimentaria y farmacéutica. El carbonato de calcio es un material relativamente suave y friable que puede generar polvo durante su manipulación y transporte.

Su granulometría fina puede requerir un alto nivel de filtración en el sistema de aspiración para evitar la emisión de polvo en el ambiente de trabajo. El pH alcalino del carbonato de calcio puede requerir una adecuada protección de los componentes del sistema de aspiración que podrían ser corrosivos a pH alcalino.

Carbonato de Sodio

Es una materia prima que se presenta como un polvo blanco con una gravedad específica de 2,53 g/ml a 20°C y una humedad máxima de 0,5%. Su pH es muy alcalino, con un valor de 11,13 en una solución al 1%. Es un ingrediente clave en la fabricación de jabones y detergentes, ya que tiene la capacidad de disolver la suciedad y la grasa.

El carbonato de sodio es un material higroscópico que puede absorber humedad del ambiente y formar grumos, lo que puede dificultar su manejo y transporte. Su alta granulometría puede requerir un sistema de filtración adecuado para evitar la emisión de polvo en el ambiente de trabajo. El alto pH del carbonato de sodio puede requerir un sistema de aspiración resistente a la corrosión y protección adecuada de los componentes del sistema que podrían ser corrosivos a pH alto. A continuación, se presenta el cuadro 1 con los datos de la granulometría del carbonato de sodio, incluyendo el porcentaje retenido en cada tamaño de malla:

Cuadro 1, Tamaño de partículas de carbonato de sodio

Tamaño de Malla (US)	Tamaño de partículas (Micrones)	% Retenido
20	850	0.3
30	600	1.7
40	425	20.1
50	300	69.9
70	212	89.2
100	150	97.3
140	106	99.1
200	75	99.7
<200	<75	0.4

Fuente: Gómez, 2023

La granulometría de este material es importante para el diseño del sistema de aspiración, ya que puede afectar la eficiencia de la recolección del polvo. La tabla anterior muestra que la mayoría de las partículas de carbonato de sodio se encuentran en el rango de tamaño de malla 70 a 200 (212 a 75 micrones), con un alto porcentaje retenido en la malla 100 (150 micrones). Esto sugiere que se debe considerar una malla con una abertura menor a 150 micrones en el sistema de aspiración para capturar la mayor cantidad posible de partículas de carbonato de sodio.

Tripolifosfato de Sodio Fase I

Es una materia prima con una gravedad específica que varía entre 0,8 y 1,2 g/ml y una humedad máxima de 0,2%. Su pH se encuentra entre 9,2 y 9,8 en una solución al 1%. Esta materia prima se presenta en forma de un polvo blanco, y su granulometría no debe ser mayor a 88 @ malla 100. El tripolifosfato de sodio se utiliza en la fabricación de detergentes y productos de limpieza, ya que tiene la capacidad de secuestrar iones metálicos y prevenir la formación de depósitos de suciedad.

El tripolifosfato de sodio es un material que tiende a aglomerarse durante el almacenamiento y transporte debido a su baja humedad, lo que puede dificultar su manipulación.

Su granulometría fina puede requerir un sistema de filtración adecuado para evitar la emisión de polvo en el ambiente de trabajo. El pH alcalino del tripolifosfato de sodio puede requerir un sistema de aspiración resistente a la corrosión y protección adecuada de los componentes del sistema que podrían ser corrosivos a pH alto.

En resumen, al diseñar un sistema de aspiración para materiales como la arcilla montmorillonita, el carbonato de calcio, el carbonato de sodio y el tripolifosfato de sodio, es

importante tener en cuenta las características de cada material y seleccionar los componentes y filtros adecuados para proteger la salud de los trabajadores y el medio ambiente.

- **Equipos**

El área de formulación está conformada por un tanque mezclador o “Crutcher”, un tanque pulmón y 2 tanques auxiliares o también conocidos como tanques de prepesado, a continuación, se describirá la función de cada uno de estos equipos.

Tanque Mezclador o "Crutcher"

Es un tanque con una capacidad máxima de 6000 Kg utilizado para la mezcla de ingredientes crudos en la producción de detergentes y otros productos de limpieza. Los ingredientes pueden incluir polvos, líquidos y otros aditivos. El tanque está equipado con un sistema de agitación y un serpentín de calentamiento interno para cocinar la mezcla. La agitación ayuda a mezclar uniformemente los ingredientes para formar una pasta homogénea y el serpentín de calentamiento proporciona la energía necesaria para cocinar la mezcla a la temperatura requerida.

Tanque Pulmón

También conocido como tanque de almacenamiento es un tanque con una capacidad máxima de 5500 Kg, es utilizado para almacenar el jabón formulado después de su mezcla. El tanque pulmón también se utiliza como un punto de distribución del producto al proceso de secado dentro de la línea de producción. Este tanque está diseñado para mantener el producto a una temperatura constante y adecuada para su posterior envasado y distribución.

Tanques Auxiliares o Tanque de Prepesado

Estos tanques cuentan con una capacidad máxima cada uno de 300 L se utiliza para preparar y prepesar la glicerina y el agua antes de agregarlas al tanque mezclador. Esto asegura que los ingredientes se añaden en las cantidades correctas y de manera precisa para lograr la mezcla adecuada. También ayuda a reducir el tiempo de mezcla en el tanque crutcher y garantiza la calidad del producto final, es importante remarcar que solo uno de los dos tanques se encuentra operativo.

- **Ubicación y Espacio**

El área de formulación tiene una mezzanina de formulación de un espacio reducido de 27.6 m², donde se encuentra la parte superior del tanque mezclador y del tanque pulmón, además se encuentra un sistema de control supervisorio y dos tanques de prepesado, justo encima del tanque mezclador. Esta zona es crítica para el proceso de producción del jabón, ya que es aquí donde se

lleva a cabo la mezcla de los diferentes materiales y se prepara para su procesamiento posterior. Por esta razón, es esencial que la zona esté diseñada y equipada adecuadamente para garantizar la calidad y la eficiencia del proceso de producción, por lo cual se recomienda instalar un sistema de aspiración de aire para que el operador pueda trabajar de forma eficiente, segura y no deba dejar de realizar el proceso de formulación por limpiar el polvo debido a que este dificulte la realización de sus tareas habituales.

En la figura 9 se puede apreciar una vista en 3D del plano del área de formulación, con sus respectivos tanques, la mezzanina de formulación y su planta baja donde se encuentra el sistema de bombeo de transferencia de jabón formulado desde el tanque mezclador al tanque pulmón y el sistema de bombeo de transferencia desde el tanque pulmón a las extrusoras que son las que se encargan de darle la forma de barra al jabón para el proceso de secado, además en la planta baja también se encuentra un sistema supervisorio para que el operador si se encuentra en la planta baja pueda controlar tanto el proceso de formulación como el envío de glicerina/agua y el jabón formulado ya que las bombas de descarga son activadas mediante el sistema supervisorio.

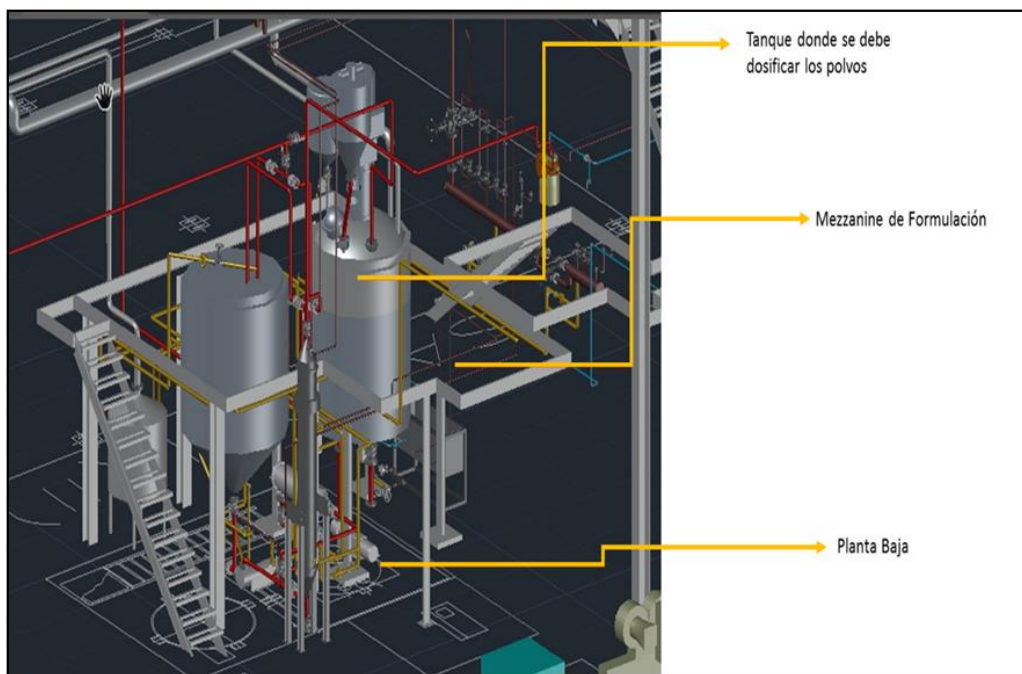


Figura 9. Vista de diseño de proyecto formulación
Fuente Gomez (2023)

Se observó que uno de los principales problemas para el diseño y colocación de un sistema de aspiración de polvo es debido al poco espacio libre en la mezzanina de formulación, empezando por que los dos tanques de prepesado se encuentran en la boca del tanque, los cuales limitan el

espacio del dispositivo encargado de aspirar el polvo en la boca del tanque donde precisamente son colocados y abiertos los sacos, por lo cual teniendo en cuenta que uno de los tanques de prepesado se encuentra inoperativo se recomienda retirarlo para la eficiente colocación del sistema de aspiración de polvos. (Ver figuras de la 10 a la 14)

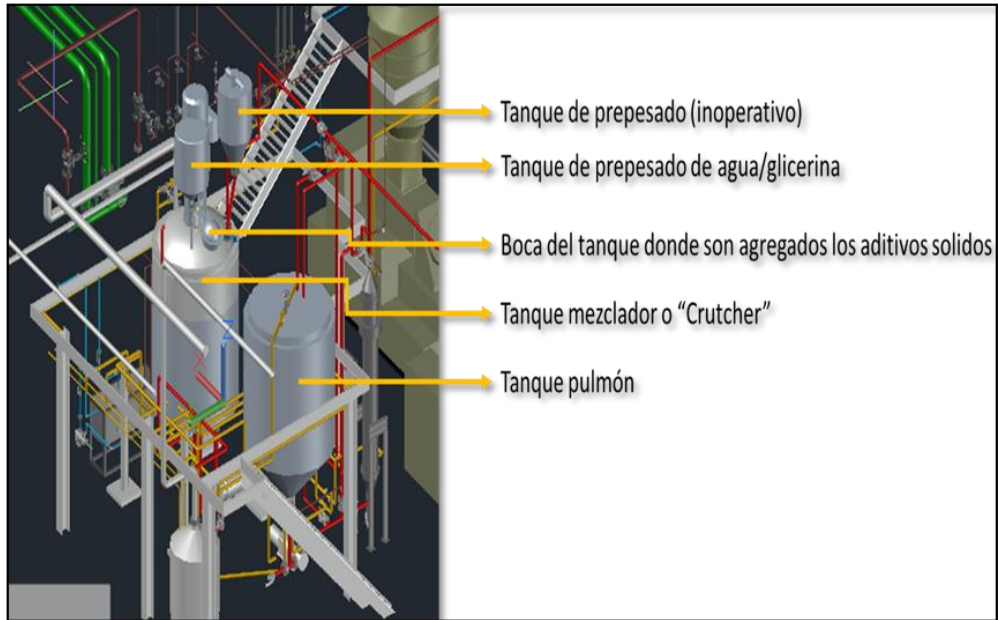


Figura 10. Vista de proyecto formulación
Fuente Gómez (2023)

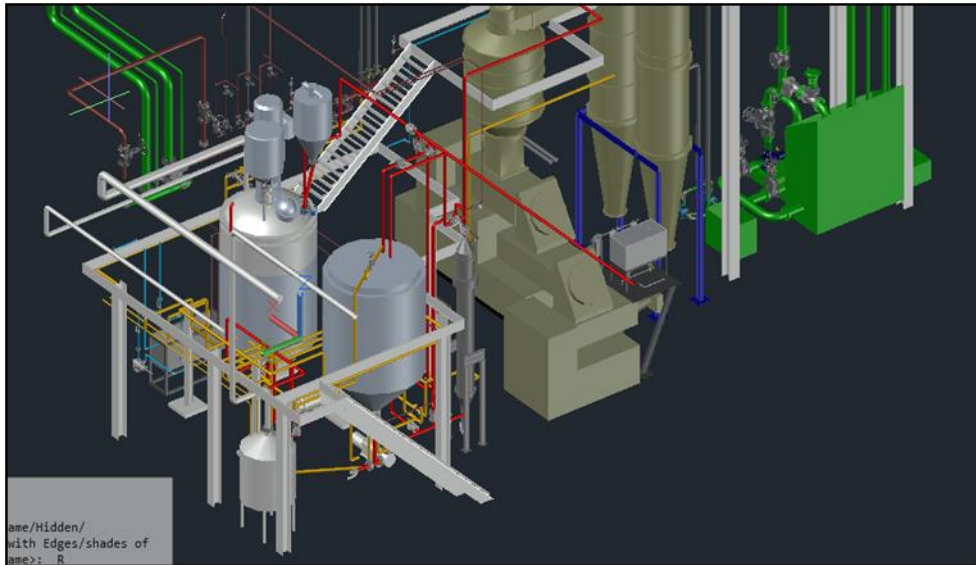


Figura 11. Vista de proyecto formulación
Fuente Gómez (2023)

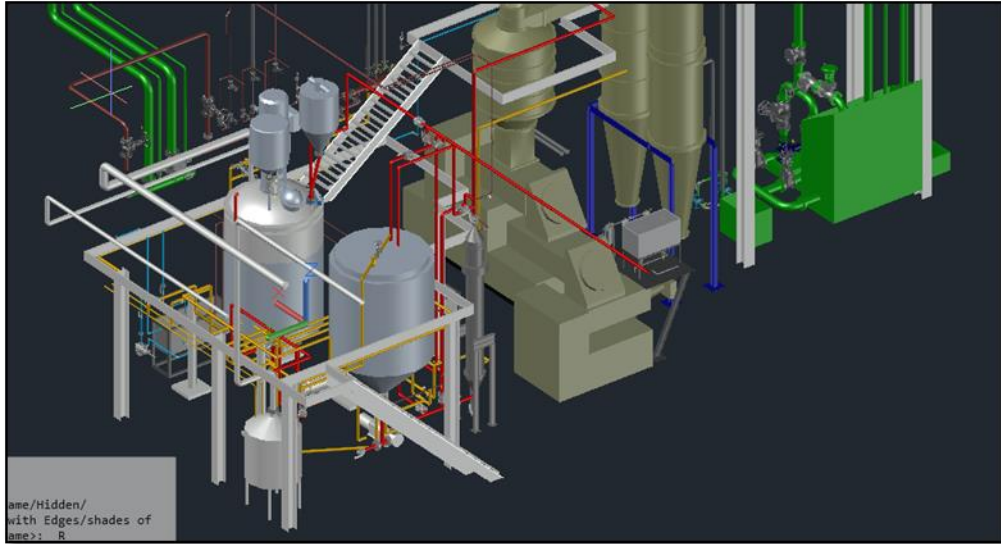


Figura 12. Vista de proyecto formulación
Fuente Gómez (2023)

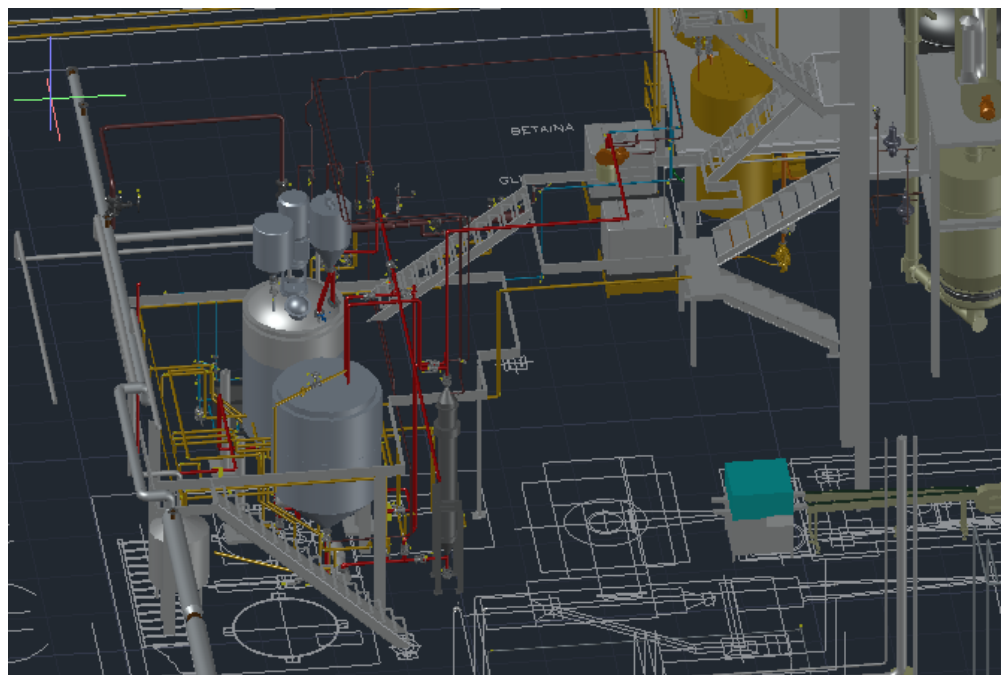


Figura 13. Vista de proyecto formulación
Fuente Gómez (2023)

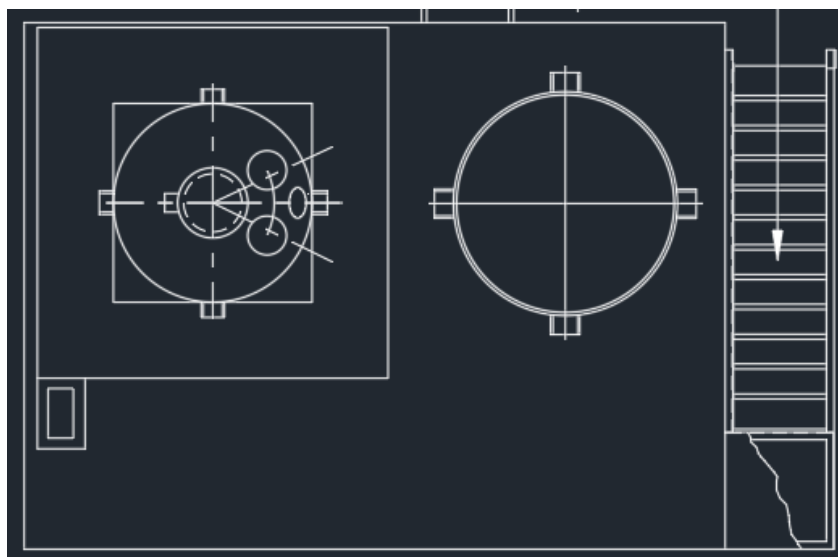


Figura 14. Vista de planta proyecto formulación
Fuente Gómez (2023)

El sistema de aspiración es fundamental en el área de formulación porque ayuda a controlar el polvo y las partículas en suspensión en el aire, que pueden representar un riesgo para la salud de los trabajadores, así como para la calidad del producto final. Además, en el caso de la zona de formulación, donde se encuentran varios tanques y equipos, el sistema de aspiración también puede ayudar a mantener limpios estos equipos y prevenir la acumulación de polvo y suciedad en ellos.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la zona de formulación es un espacio reducido y es posible que no haya suficiente espacio disponible para instalar un sistema de aspiración. En este caso, se deberá buscar una solución que permita instalar un sistema de aspiración adecuado, quizás eliminando alguno de los equipos inoperativos o moviendo los tanques y equipos a otra zona.

En particular, el tanque de auxiliar inoperativo parece ser un elemento que podría eliminarse para ganar espacio. Si bien es importante tener en cuenta los posibles efectos de la eliminación de un elemento en el proceso de producción, en este caso, parece ser una buena opción ya que el tanque no se utiliza y está ocupando espacio valioso. Al eliminar el tanque de bentonita, se podría liberar espacio para instalar un sistema de aspiración adecuado, lo que a su vez contribuiría a mejorar la calidad y la eficiencia del proceso de producción.

4.1.2 Análisis de la Entrevista

Se realizó una entrevista semiestructurada a tres operadores encargados del área de formulación y al especialista técnico de procesos

Entrevistas

1. ¿Cómo es el proceso de adición de los aditivos durante el proceso de formulación de jabón?

Cuadro 2. Pregunta 1

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
Es un proceso manual, mediante sacos suministrados al tanque mezclador	Se agregan los sacos manualmente al tanque mezclador	Proceso manual en el que se agregan los sacos directamente a la boca del tanque	De manera manual a través de un manipulador de carga

Fuente: Gómez (2023)

2. Desde su experiencia, indique, ¿cómo ha cambiado en el transcurrir del tiempo el proceso de formulación en la fabricación de jabón?

Cuadro 3. Pregunta 2

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
Antes era una menor cantidad de sacos por Batch	El proceso antes era más sencillo, era una cantidad menor de sacos	Antes era un proceso mucho más sencillo y corto sin la presencia de polvo	Antes la Bentonita llegaba a través de tubería, ahora se utiliza en saco

Fuente: Gómez (2023)

3. Desde su experiencia en la preparación de fórmulas para elaboración de jabones, puede usted describir, ¿cómo influye la antigüedad del trabajador en la calidad del jabón, al realizar el proceso manualmente?

Cuadro 4. Pregunta 3

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
No influye	No influye	No influye	No debería

Fuente: Gómez (2023)

4. ¿Qué variables críticas se deben tener en cuenta durante la formulación del jabón?

Cuadro 5. Pregunta 4

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
la temperatura en el tanque formulador y la humedad del jabón	Temperatura y humedad del jabón	Únicamente la temperatura en el tanque de formulación	La temperatura del tanque mezclador debe estar en un rango entre 75 y 85 °C

Fuente: Gómez (2023)

5. Puede usted enumerar las maquinarias y equipos que conforman el proceso de elaboración de jabón y ¿cuál o cuáles de estas, podrían obstaculizar la ubicación de un sistema de extracción de polvo?

Cuadro 6. Pregunta 5

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
Tanque pulmón. Tanque mezclador. Dos tanques auxiliares, uno esta inoperativo	Tanque mezclador. Tanque pulmón. Tanques auxiliares	Tanques auxiliares o de Pre-presado Tanque Formulador “Crutcher” Tanque Pulmón	Tanque Mezclador. Tanque Pulmón. Tanques de prepesado

Fuente: Gómez (2023)

6. ¿Cuál es el peso de los sacos de cada aditivo involucrados en el proceso de formulación?

Cuadro 7. Pregunta 6

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
20 y 25 kg	20 y 25 Kg	20 y 25 Kg	20 y 25 Kg

Fuente: Gómez (2023)

7. ¿Cuál es el aditivo utilizado de mayor cantidad en el proceso de formulación de jabón?

Cuadro 8. Pregunta 7

OPERADORA A	OPERADOR B	OPERADOR C	ESPECIALISTA A
Carbonato de Calcio, 18 Sacos	Carbonato de Calcio	Carbonato de Calcio	Carbonato de Calcio

Fuente: Gómez (2023)

Gracias a estas entrevistas pudimos confirmar que el proceso de adición de materiales sólidos es un proceso completamente manual que con el paso del tiempo ha incrementado en la cantidad de sacos a dosificar, creando así un problema de polvo que antes no existía, un sistema de extracción de polvo será útil para todos los trabajadores ya que sin importar la experiencia y/o el tiempo que tengan trabajando en el área todos sufren el mismo problema debido a las nubes de polvo.

Es importante recalcar las variables críticas que los operarios toman en cuenta que son la temperatura del tanque formulador y aunque la humedad también es un factor importante, este parámetro solo es controlado por los especialistas en el área de calidad del jabón, por lo tanto, no es controlado por los operarios en el área de formulación, mientras que la temperatura es controlada en el tanque. Se debe tener en cuenta al momento de realizar el diseño del sistema de aspiración que el principal producto utilizado es el Carbonato de Calcio en presentaciones de 25 o 20 Kg.

4.2 Fase II: Determinación de las variables que interviene en la variabilidad de la calidad en la formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza.

Durante esa fase se determinaron qué factores afectaban durante el proceso de mezcla de materias primas en la formulación. Para el análisis de las variables que influyeron durante el proceso, se apoyaron en los datos obtenidos de la entrevista y se utilizó la revisión documental para determinar las variables imprescindibles durante el proceso de formulación que no debían ser interferidas por el sistema de aspiración de polvo.

Mediante el sistema de información de la empresa se determinó que la variable que mayor afecta es la temperatura en el proceso de formulación de jabón, la misma es una variable crítica ya que afecta directamente la viscosidad, la homogeneidad y la calidad del producto final. Por lo tanto, es necesario mantener una temperatura constante entre 75 y 85 °C en el tanque mezclador para garantizar una mezcla uniforme y homogénea del jabón con los demás materiales sólidos.

Si la temperatura baja por debajo del rango establecido, el jabón puede solidificarse y no mezclarse adecuadamente con los otros materiales sólidos, lo que puede resultar en una mezcla desigual y una distribución irregular de los componentes. Además, la viscosidad del jabón también puede cambiar y esto afectaría la consistencia del producto final.

Por otro lado, si la temperatura sube por encima del rango establecido, el jabón puede perder humedad y volverse quebradizo, lo que nuevamente puede resultar en una mezcla desigual y una distribución irregular de los componentes. Además, la textura y la calidad del jabón también pueden verse afectadas negativamente.

En conclusión, la temperatura es una variable crítica en el proceso de formulación de jabón en barra, ya que afecta la homogeneidad, la viscosidad y la calidad del producto final. Es importante mantener la temperatura en el rango establecido para evitar problemas en el proceso de mezcla y garantizar un producto final de alta calidad.

4.3 Fase III: Selección de solución más viable que permita extraer las partículas de polvo proveniente del aire durante el proceso de formulación de jabones.

Una vez identificadas y analizadas las materias primas que se utilizaron y las variables imprescindibles para el proceso de formulación, se llevó a cabo una investigación documental y bibliográfica para determinar cuál era la mejor solución para el sistema de aspiración de polvo. Los sistemas de aspiración de polvos son dispositivos diseñados para capturar y eliminar partículas de polvo y otros contaminantes presentes en el aire en el ámbito industrial. Estos sistemas juegan un papel fundamental en la protección de la salud de los trabajadores, el cumplimiento de regulaciones ambientales y la prevención de riesgos de explosión. En cuanto a su funcionamiento, los sistemas de aspiración de polvos constan de los siguientes componentes principales:

1. **Captación de polvo:** Se utilizan campanas, conductos o boquillas de succión para capturar el polvo en su origen, ya sea directamente en la fuente de emisión o lo más cerca posible de esta. Es importante diseñar adecuadamente la captación para maximizar la eficiencia de la recolección del polvo.
2. **Transporte del polvo:** Una vez capturado, el polvo se transporta a través de un sistema de conductos utilizando ventiladores o bombas de vacío. Estos dispositivos generan una corriente de aire que succiona y transporta el polvo hacia un punto central.
3. **Separación de partículas:** En esta etapa, los sistemas de aspiración utilizan diferentes métodos para separar las partículas del flujo de aire. Los más comunes son los filtros, que

pueden ser de diferentes tipos, como filtros de mangas, cartuchos o ciclones. Los filtros retienen las partículas mientras el aire limpio se dirige hacia el exterior o se recircula en el ambiente de trabajo.

4. **Recolección y disposición final:** El polvo recolectado se almacena en recipientes o se transporta hacia sistemas de descarga o recolección específicos, como bolsas, contenedores o silos. Dependiendo del tipo de polvo y las regulaciones locales, el material recolectado se puede desechar, reciclar o reutilizar.

En términos de aplicaciones industriales, los sistemas de aspiración de polvos se utilizan en una amplia variedad de sectores, como la industria alimentaria, farmacéutica, química, entre otros. Se aplican en áreas de trabajo donde se generan emisiones de polvo, como procesos de molienda, corte, fundición, mezcla, empaquetado, entre otros. Su implementación contribuye a mantener un entorno de trabajo seguro, limpio y libre de contaminantes para los trabajadores, así como a cumplir con los estándares ambientales vigentes.

Para el diseño de un sistema de aspiración de polvos en el área de formulación se debe seleccionar un extractor de polvo que sea compatible con altas temperaturas y que pueda resistir el vapor de alta presión. Se recomienda utilizar un extractor de polvo con materiales resistentes al calor, como acero inoxidable, y asegurarse de que cumpla con las especificaciones necesarias para trabajar en el rango de temperatura requerido.

Además, teniendo en cuenta el tamaño del área de formulación y la naturaleza del proceso de mezcla, se debe elegir un extractor de polvo que tenga una capacidad adecuada para capturar eficientemente el polvo generado durante el proceso. Esto implica considerar la tasa de extracción de aire del sistema, la velocidad del aire en el área de trabajo y el diseño del sistema de recolección y filtración.

1. Extractor de Polvo de Cartucho

Este tipo de extractor sería recomendable debido a su alta eficiencia de filtración y capacidad para capturar partículas de diferentes tamaños. Dado que se está trabajando con aditivos sólidos y jabón base, se generan partículas de polvo de diversos tamaños durante el proceso de mezcla.

El extractor de polvo de cartucho es capaz de capturar estas partículas de manera eficiente, ayudando a mantener un entorno de trabajo limpio y seguro. Además, si seleccionas un modelo

con sistemas de limpieza automática de los cartuchos, se asegurará de que el extractor mantenga su eficiencia de filtración durante períodos prolongados sin interrupciones para el mantenimiento.

2. Extractor de Polvo Ciclónico

El extractor de polvo ciclónico puede ser recomendable si las partículas generadas durante el proceso de mezcla son más grandes y gruesas. Dado que se está trabajando con jabón base y aditivos sólidos, es posible que se generen virutas o partículas más grandes. El extractor de polvo ciclónico es eficiente para capturar estas partículas gracias al principio de la fuerza centrífuga. Además, los extractores ciclónicos son conocidos por su sencillez de diseño y bajo mantenimiento, lo que podría ser una ventaja en el área de formulación.

3. Extractor de Polvo con Filtros de Mangas

El extractor de polvo con filtros de mangas sería recomendable si el polvo generado durante el proceso de mezcla es de naturaleza fina. Dado que se está trabajando con aditivos sólidos y jabón base, es posible que se generen partículas finas de polvo. Este tipo de extractor es altamente efectivo para capturar partículas finas gracias a la alta eficiencia de filtración de las mangas.

Al seleccionar un modelo con sistemas de limpieza automática de las mangas, se garantiza un rendimiento constante del extractor sin interrupciones frecuentes para el mantenimiento. Además, los extractores de polvo con filtros de mangas suelen ofrecer una capacidad de recolección significativa, lo cual es beneficioso para mantener un entorno de trabajo limpio y seguro.

Después de analizar con detalle cada tipo de extractor de polvos y quedar solo con 3 alternativas, se utilizó el método de factor ponderado para la selección de la mejor propuesta

se procedió a realizar una ponderación de cada variable. Esto implicó asignar un peso relativo a cada factor en función de su importancia.

Esta herramienta ayuda a evitar la toma de decisiones subjetivas o basadas en la intuición. Al asignar pesos a cada criterio, se asegura que los criterios más importantes tengan un mayor impacto en la evaluación general de las alternativas. Además, la matriz de ponderación proporciona una forma estructurada y sistemática de analizar y comparar alternativas, lo que puede ayudar a los tomadores de decisiones a tomar decisiones más informadas y objetivas.

Una vez completada la ponderación, se procedió a comparar los puntajes totales de cada diseño y se seleccionó el que obtuvo la puntuación más alta como el más adecuado para el sistema en cuestión.

Cuadro 9. Tipos de Colector

Tipo de Colector	Descripción
Filtro de Manga	Consiste en una serie de mangas filtrantes que capturan las partículas mientras el aire pasa a través de ellas.
Filtro de Cartucho	Utiliza cartuchos filtrantes para retener las partículas y permitir que el aire limpio pase a través del sistema.
Ciclón	Emplea la fuerza centrífuga para separar las partículas del flujo de aire, permitiendo que caigan hacia abajo.

Fuente: Gómez, 2023

Cuadro 10. Método de Ponderación

Categoría	Ponderación	Filtro de Manga		Filtro de Cartucho		Ciclón	
		Calificación	PxC	Calificación	PxC	Calificación	PxC
Eficiencia de Captura	15	4	60	5	75	3	45
Espacio Requerido	15	3	45	4	60	5	75
Costo de Instalación	10	2	20	3	30	4	40
Mantenimiento	10	3	30	4	40	4	40
Resistencia a Altas Temperaturas	20	4	80	4	80	5	100
Vida Útil	10	4	40	3	30	4	40
Impacto Ambiental	10	3	30	4	40	3	30
Capacidad de Manejo Caudal	10	4	40	5	50	4	40
Puntaje Total	100%	27	345	32	405	32	410

Fuente: Gómez, 2023

Calificación: 0-5 pts.

El colector de polvo tipo ciclón ha sido seleccionado como la opción ganadora a partir de la tabla de ponderación debido a una serie de factores que lo hacen altamente ventajoso en comparación con las otras alternativas.

4.4 Fase IV: Diseño del sistema de aspiración de polvo seleccionado para el proceso de formulación de jabones.

Una vez identificados y analizados los materiales y variables y ya con el tipo de sistema de aspiración de polvo seleccionado se procedió al diseño del sistema de aspiración de polvo teniendo en cuenta el espacio disponible determinado por observación directa para su uso en una empresa fabricante de productos de limpieza.

4.4.1 Pasos para el diseño del Extractor de Polvo Tipo Ciclón

4.4.1.1 Identificar el Punto de Generación del Polvo

El punto de generación de polvo es la boca de visita del tanque, con un diámetro de 40 cm, con el diámetro se calcula el área de la boca de visita del tanque

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A = \pi \times \left(\frac{40}{2}\right)^2$$

$$A = 1256.63 \text{ cm}^2 = 0.125 \text{ m}^2$$

4.4.1.2 Establecer la Velocidad de Captura

Para la captura efectiva del polvo, se establece una velocidad de captura recomendada de 1 m/s, (Ver figura 15)

$$Va = 1 \frac{m}{s}$$

TABLA 3.1 Valores recomendados para la velocidad de captura^(3.1, 3.2)

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase, etc.	0,25-0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; <u>llenado intermitente de recipientes</u> ; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5-1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1-2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5-10

Figura 15. Valores recomendados para la velocidad de captura.

Fuente: Industrial Ventilation, (1988)

4.4.1.3 Calcular el Caudal de Aire Requerido

El caudal de aire necesario para el sistema también está dado por la siguiente fórmula, donde Q es el caudal de aire, A es el área de la boca de visita del tanque y V es la velocidad de captura, podemos calcular el caudal de aire necesario.

$$Q = Va \times A$$

Donde:

- $Va = 1 \text{ m/s}$
- $A = 0.125 \text{ m}^2$

$$Q = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.125 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.125 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 264.86 \text{ cfm}$$

Por lo tanto, el caudal de aire requerido para el sistema colector de polvo, considerando el área de la boca del tanque donde son agregados los sacos de 0.125 m^2 y una velocidad del aire de 1 m/s , sería de aproximadamente 0.125 metros cúbicos por segundo (m^3/s).

4.4.1.4 Seleccionar el Tipo de Colector de Polvo adecuado según las Características del Polvo y las Necesidades del Proceso

Gracias al método de elección por puntos ponderados, se seleccionó el colector de polvo tipo ciclón, para ello se utilizaron las ecuaciones para parámetros geométricos de diseño en ciclón Stairmand.

Dimension	Nomenclatura	Stairmand
Diametro del ciclón	Dc/Dc	1
Altura de entrada	a/Dc	0,5
Ancho de la entrada	b/Dc	0,2
Altura de salida	S/Dc	0,5
Diámetro de salida	Ds/Dc	0,5
Altura parte cilindrica	h/Dc	1,5
Altura parte conica	z/Dc	2,5
Altura total del ciclón	H/Dc	4
Diámetro de salida de partículas	B/Dc	0,375
Factor de configuración	G	551,22
Número de cabezas de velocidad	NH	6,4
Número de vórtices	N	5,5

Figura 16. Dimensiones de un Ciclón de alto efecto
Fuente: Echeverri, 2006

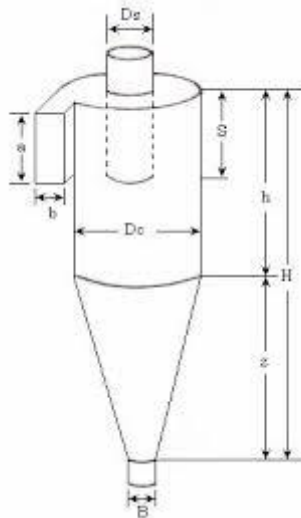


Figura 17. Dimensiones del ciclón
Fuente Echeverri, 2006

Debido al limitado espacio que se tiene para su ubicación se supondrá una altura total (H) de 1.5m

Diámetro del ciclón (Dc):

$$\frac{H}{Dc} = 4$$

$$D_c = \frac{H}{4} = \frac{1500}{4} = 375\text{mm} = 0.375\text{m}$$

Altura de salida (S):

$$\frac{S}{D_c} = 0.5$$

$$S = D_c \times 0.5 = 375 \times 0.5 = 187.5\text{mm} = 0.1875\text{m}$$

Diámetro de salida (Ds):

$$\frac{D_s}{D_c} = 0.5$$

$$D_s = D_c \times 0.5 = 375 \times 0.5 = 187.5\text{mm} = 0.1875\text{m}$$

Altura parte cilíndrica (h):

$$\frac{h}{D_c} = 1.5$$

$$h = D_c \times 1.5 = 375 \times 1.5 = 562.5\text{mm} = 0.5625\text{m}$$

Altura parte cónica (z):

$$\frac{z}{D_c} = 2.5$$

$$z = D_c \times 2.5 = 375 \times 2.5 = 937.5\text{mm} = 0.9375\text{m}$$

Diámetro de salida de partículas (B):

$$\frac{B}{D_c} = 0.375$$

$$B = D_c \times 0.375 = 375 \times 0.375 = 140.625\text{mm} = 0.140625\text{m}$$

Altura de entrada (a):

$$\frac{a}{D_c} = 0.5$$

$$a = D_c \times 0.5 = 375 \times 0.5 = 187.5\text{mm} = 0.1875\text{m}$$

Ancho de entrada (b):

$$\frac{b}{Dc} = 0.2$$

$$b = Dc \times 0.2 = 375 \times 0.2 = \mathbf{75mm = 0.075m}$$

Utilizando estas medidas se realiza el diseño de un ciclón de alto efecto en el software SolidWorks (Ver Figura 18) y se procede a crear el plano (Ver Anexo 1)

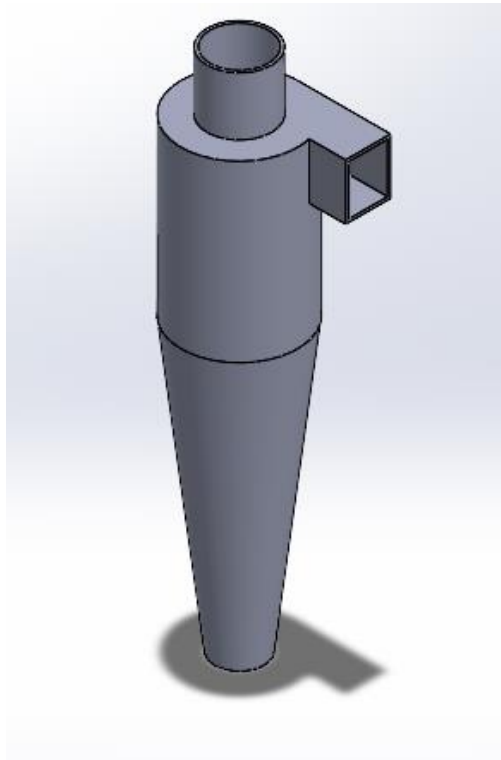


Figura 18. Proyecto con las dimensiones del ciclón
Fuente Gómez, 2023

4.4.1.5 Diseñar la Campana de Captación

Se elegirá una campana tipo extendida debido a que permitirá capturar eficientemente el polvo generado en la boca de visita del tanque, a pesar de no poder ser colocada directamente encima debido a restricciones de espacio. La campana extendida, con su diseño de mayor apertura y capacidad de extensión hacia el área de generación del polvo, garantizará una captación efectiva incluso desde una posición ligeramente desplazada. Esto asegurará que las partículas de polvo sean capturadas de manera adecuada, evitando su dispersión y logrando una extracción eficiente durante el proceso de suministro de sacos en el tanque mezclador.

Cuando el contaminante es un gas, vapor o polvo fino, y no es emitido con una velocidad significativa, la orientación de la campana no es crítica.

Debido al poco espacio disponible se utilizarán tuberías de 4 in de diámetro, por lo cual el diámetro de la campana será igual 4 in, y unas dimensiones de 500x500 mm en la zona rectangular (Ver figura 19) (Ver Anexo 2) que serán suficiente para cubrir toda el área de la boca de visita del tanque donde se genera el polvo, con la tabla a continuación se puede verificar si las dimensiones son adecuadas.

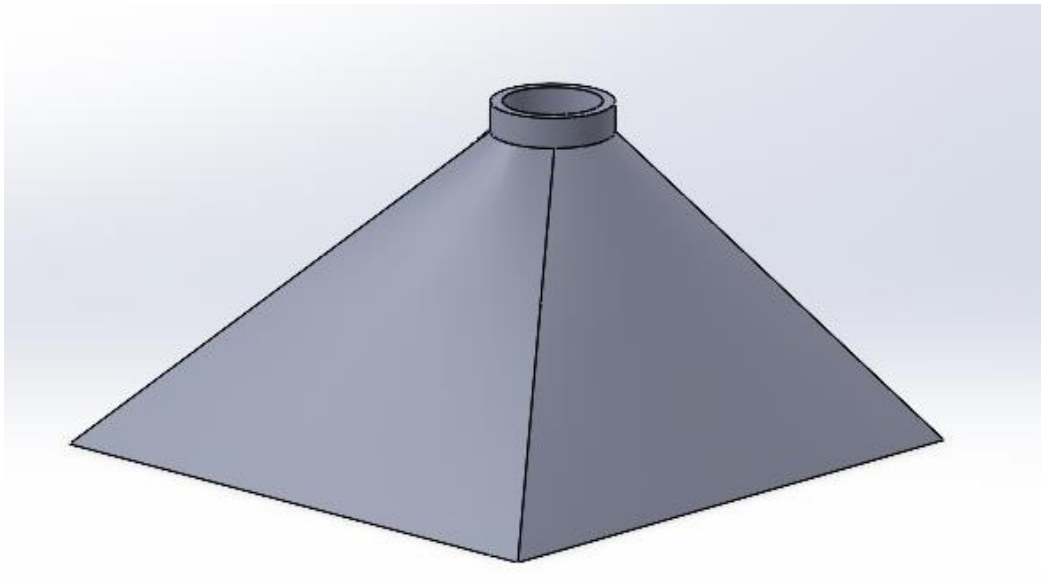
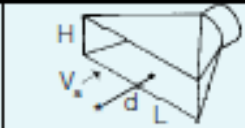
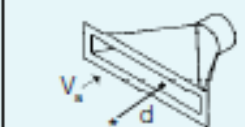
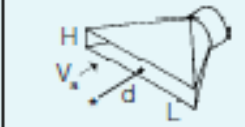
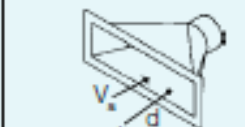
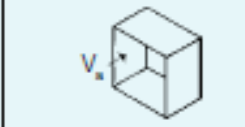
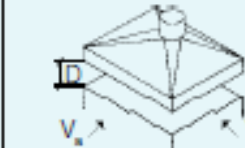


Figura 19. Dimensiones de la campana
Fuente Gómez, 2023

CAPTACION DE AIRE CONTAMINADO			
TIPO DE BOCA	ABERTURA	DIMENS.	CAUDAL NECESARIO
 V _a = Velocidad aire captación	RANURA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 13500 V_a Ld$
	RANURA CON BRIDA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 10000 V_a Ld$
	A CANTO VIVO	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 3600 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CANTO CON BRIDA	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 2750 V_a (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CABINA	De acuerdo a la función	$Q = 3600 V_a S$
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_a PD$ $P = \text{Perimetro [m]}$

d, H, L [m]; V [m/s]; * = Punto contaminación; Q [m³/h]

Fig. 14

Figuras 20. Captación de aire contaminado

Fuente, Manual práctico de ventilación salvador escoda S.A.

$$Q = 5000 \times Va \times P \times D$$

Donde:

- Perímetro (P) = 2m
- Altura de la campana sobre la operación (D) = 0.3m
- Velocidad de captura (Va) = 1 m/s

$$Q = 5000 \times 1 \times 2 \times 0.3$$

$$Q = 3000 \frac{m^3}{h} = 0.833 m^3/s$$

4.4.1.6 Trazado de Tuberías

Se selecciona una tubería de 4 plg de acero inoxidable y se utiliza la Ecuación de Darcy-Weisbach: Esta ecuación es ampliamente utilizada para calcular las pérdidas de presión en sistemas de tuberías. Se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- ΔP : Pérdida de presión en la tubería
- f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach
- L: Longitud de la tubería
- D: Diámetro de la tubería
- g: Aceleración de la gravedad
- V: Velocidad del fluido en la tubería

TABLA 3.2 Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorrado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Figura 21. Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductores

Fuente: Industrial Ventilation. (1988)

De la tabla anterior se seleccionaron:

- Velocidad de 20 m/s

- Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²
- Determinación del factor de fricción (*f*)

Para flujos laminares:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Para flujos transicional:

$$f = 0.316/Re^{1/4}$$

Número de Reynolds (*Re*):

$$\frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

Debido a que el principal fluido será el aire se asumirá la densidad y la viscosidad del aire en condiciones normales a 1 atm y 20°C. (Ver Cuadro 11)

$$\rho = 1.204 \text{ Kg/m}^3, \mu = 1.825 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

Cuadro 11, Propiedades del aire

Propiedades del aire a 1 atm de presión							
Temp. <i>T</i> , °C	Densidad ρ , kg/m ³	Calor específico c_p J/kg · K	Conductividad térmica k , W/m · K	Difusividad térmica α , m ² /s	Viscosidad dinámica μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática ν , m ² /s	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177

Fuente: Cengel (2006)

Cálculo de Re :

$$Re = \frac{1.204 \times 20 \times 0.1016}{1.825 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 134056.32$$

Como $Re = 134056.32 > 4000$, el flujo será considerado turbulento

Como las tuberías de acero inoxidable son consideradas de baja rugosidad, se utilizará la fórmula de Blassius para tubos de baja rugosidad.

$$f = 0.316 \times Re^{-0.25}$$

$$f = 0.316 \times 134056.32^{-0.25}$$

$$f = 0.016$$

Se utilizará el mismo valor de (f) en todos los tramos debido a que todas las tuberías son del mismo material y del mismo diámetro

Pérdida de presión en el tramo L1: (Ver Figura 22)

- $L1 = 1500 \text{ mm} = 1.5 \text{ m}$

$$\Delta P1 = f \times \frac{L1}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P1 = 0.016 \times \frac{1.5}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P1 = 4.81 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión en el tramo L2: (Ver Figura 22)

- $L2 = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$

$$\Delta P2 = f \times \frac{L2}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P2 = 0.016 \times \frac{3}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P2 = 9.63 \text{ Pa}$$

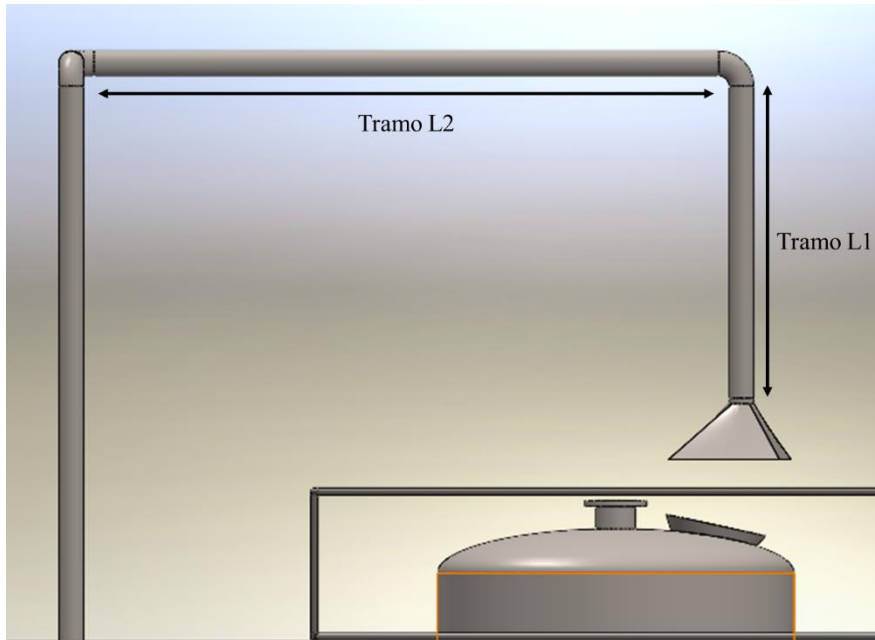


Figura 22. Tramo L1 y L2

Fuente: Gómez (2023)

Pérdida de presión en el tramo L3: (Ver Figura 23)

- $L3 = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$

$$\Delta P3 = f \times \frac{L3}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P3 = 0.016 \times \frac{2}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P3 = 6.42 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión en el tramo L4: (Ver Figura 23):

- $L4 = 400 \text{ mm} = 0.4 \text{ m}$

$$\Delta P4 = f \times \frac{L4}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P4 = 0.016 \times \frac{0.4}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P4 = 1.28 \text{ Pa}$$

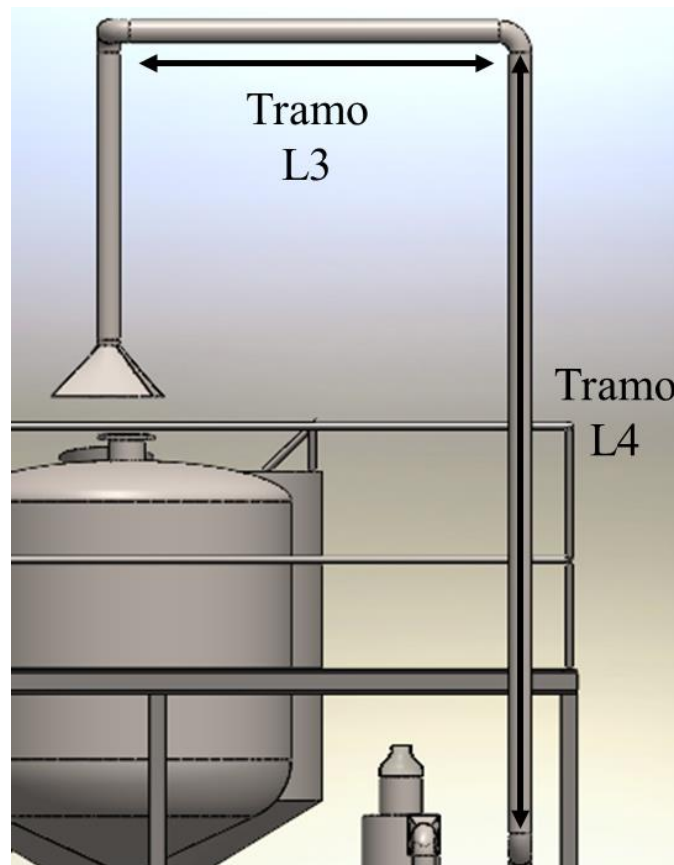


Figura 23. Tramo L3 y L4
Fuente: Gómez (2023)

Pérdida de presión en el tramo L5: (Ver Figura 24)

- $L5 = 1890 \text{ mm} = 1.89 \text{ m}$

$$\Delta P5 = f \times \frac{L5}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P5 = 0.016 \times \frac{1.89}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P5 = 6.06 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión en el tramo L6: (Ver Figura 24)

- L6 = 1080 mm = 1.08 m

$$\Delta P6 = f \times \frac{L6}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P6 = 0.016 \times \frac{1.08}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P6 = 3.47 \text{ Pa}$$

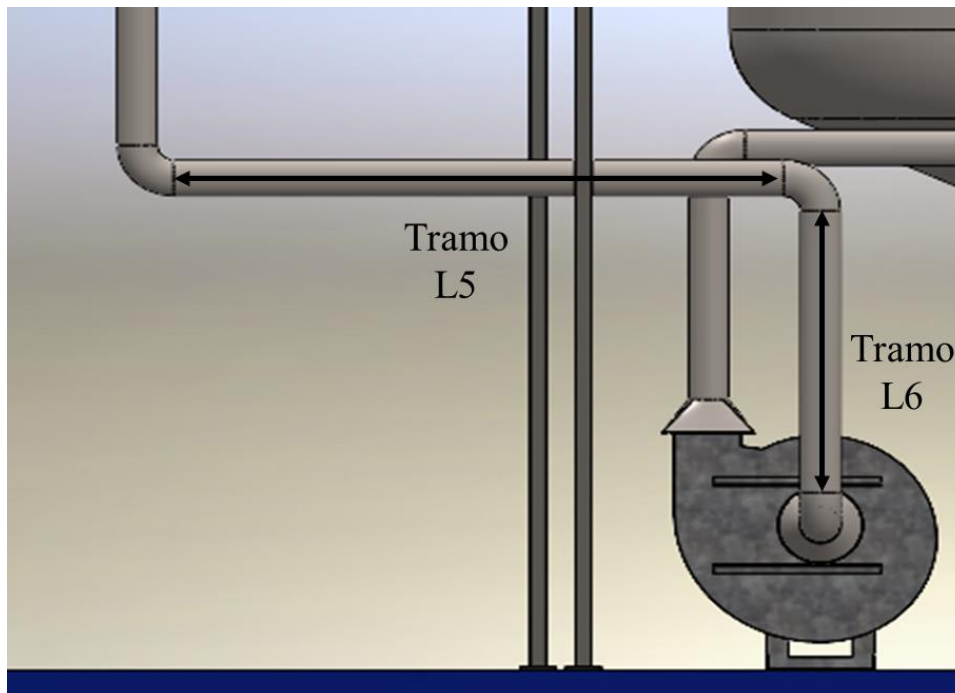


Figura 24. Tramo L5 y L6

Fuente: Gómez (2023)

Pérdida de presión en el tramo L7: (Ver Figura 25)

- $L7 = 885 \text{ mm} = 0.885 \text{ m}$

$$\Delta P7 = f \times \frac{L7}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P7 = 0.016 \times \frac{0.885}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P7 = 2.84 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión en el tramo L8: (Ver Figura 25)

- $L8 = 1165 \text{ mm} = 1.165 \text{ m}$

$$\Delta P8 = f \times \frac{L8}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Sustituyendo los valores:

$$\Delta P8 = 0.016 \times \frac{1.165}{0.1016} \times \frac{20^2}{2 \times 9.81}$$

$$\Delta P8 = 3.74 \text{ Pa}$$

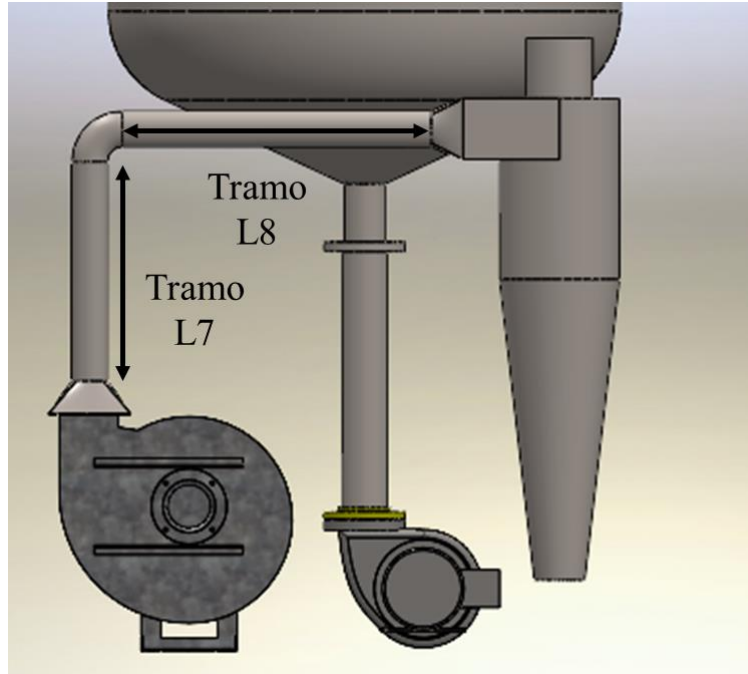


Figura 25. Tramo L7 y L8
Fuente: Gómez (2023)

$$\Delta P_{\Sigma Tuberias} = \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3 + \Delta P4 + \Delta P5 + \Delta P6 + \Delta P7 + \Delta P8$$

$$\Delta P_{\Sigma Tuberias} = 4.81 + 9.63 + 6.42 + 1.28 + 6.06 + 3.47 + 2.84 + 3.74$$

$$\Delta P_{\Sigma Tuberias} = 38.25 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión en Campana:

$$\Delta P_{Campana} = K \times \rho \times \frac{V^2}{2}$$

Donde:

- $\Delta P_{Campana}$ es la pérdida de presión en la campana (Pa)
- K es el coeficiente de pérdida de la campana (adimensional)
- ρ es la densidad del aire en condiciones normales (kg/m^3)
- V es la velocidad de captación de polvo (m/s)

Cálculo de coeficiente de perdida en la campana:

$$K = C \times \frac{V^2}{(2 \times g)}$$

Donde:

- C es el coeficiente de pérdida (adimensional)
- V es la velocidad de captación de polvo (1 m/s)
- g es la aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s²)

Asumiendo el valor típico de C de 0.65 para una campana rectangular, podemos calcular el valor de K:

$$K = 0.65 * \frac{1^2}{(2 \times 9.81)}$$

$$K = 0.033$$

Suponiendo que la densidad del aire es de aproximadamente 1.204 kg/m³, y el valor de K obtenido anteriormente es 0.033, y la velocidad de captación de polvo es 1 m/s, podemos calcular la pérdida de presión en la campana:

$$\Delta P_{Campana} = 0.033 \times 1.2 \times \frac{1^2}{2}$$

$$\Delta P_{Campana} = \mathbf{0.0198 Pa}$$

Pérdida de presión en Ciclón:

$$\Delta P_{Ciclón} = \frac{1}{2} \times \rho \times V_i^2 \times NH$$

Donde:

- ΔP = Caída de presión en el ciclón, Pa.
- ρ = Densidad, kg/m³.
- V_i = Velocidad de entrada del gas en el ciclón, m/s.
- NH = Número de cabezas de velocidad a la entrada del ciclón.

Cálculo de NH:

$$NH = K \times \frac{a \times b}{D_s^2}$$

Donde:

- K toma el valor de 16 para entrada tangencial
- Altura de entrada (a) = 187.5 mm = 0.1875 m
- Ancho de entrada (b) = 75 mm = 0.075 m
- Diámetro de salida (Ds) = 187.5 mm = 0.1875 m

$$NH = 16 \times \frac{0.1875 \times 0.075}{0.1875^2}$$

$$NH = 6.4$$

$$\Delta P_{Ciclon} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 20^2 \times 6.4$$

$$\Delta P_{Ciclon} = 1536 Pa$$

Pérdida de presión en los codos:

$$\Delta P_{Codo} = K \times \left(\frac{\rho}{2}\right) \times V^2$$

Donde:

ΔP : Pérdida de presión en el codo circular

K: Coeficiente de pérdida de presión para codos circulares = 0.03

V: Velocidad del flujo en la tubería = 20 m/s

ρ = Densidad, kg/m³ = 1.204 Kg/m³

$$\Delta P_{Codo} = 0.03 \times \left(\frac{1.204}{2}\right) \times 20^2$$

$$\Delta P_{Codo} = 7.2 Pa$$

$$\Delta P_{Codos} = 7.2 Pa \times 7 \text{ codos} = 50.4 Pa$$

$$\Delta P_{TOTAL} = \Delta P_{\Sigma Tuberias} + \Delta P_{Campana} + \Delta P_{Ciclon} + \Delta P_{Codos}$$

$$\Delta P_{TOTAL} = 38.25 \text{ Pa} + 0.0198 + 1536 + 50.4$$

$$\Delta P_{TOTAL} = 1624.66 \text{ Pa}$$

4.4.1.7 Selección del ventilador

Debido a que el caudal de aire requerido por la campana es mayor al caudal calculado por área se utilizara el caudal requerido por la campana y con la presión total calculada, se selecciona un ventilador centrífugo (Ver figura 26)

$$Q = 3000 \frac{m^3}{h} = 0.833 \frac{m^3}{s} = 1765.02 \text{ cfm}$$

$$P = 1624.66 \text{ Pa} = 6.52 \text{ inwg} = 165.78 \text{ mmca}$$

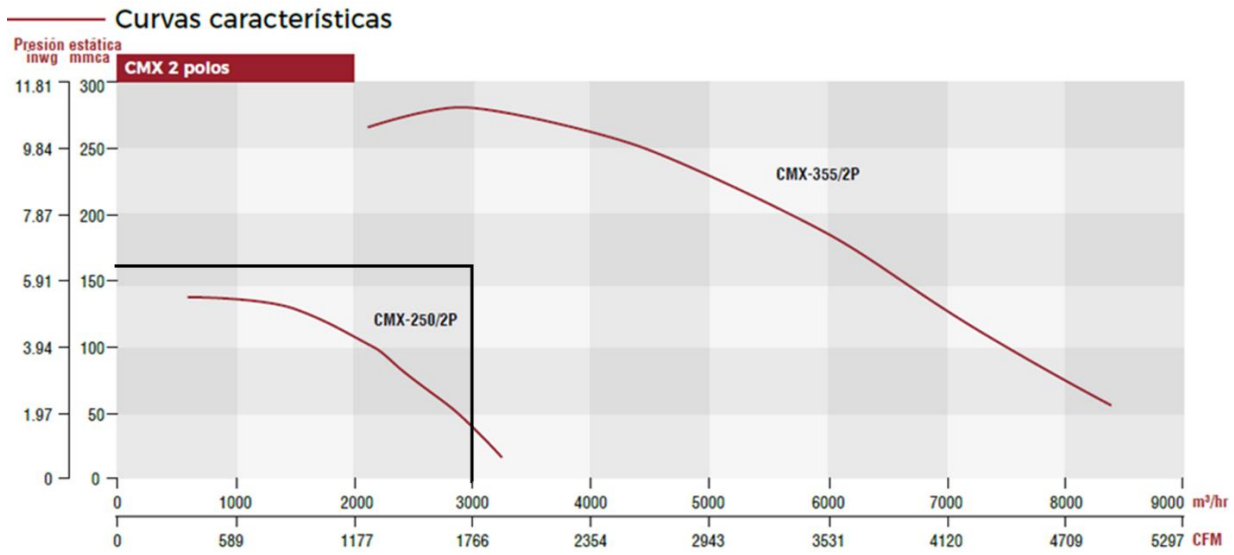


Figura 26. Curvas Características

Fuente Soler y Palau, 2018

Cuadro 12. Especificaciones Técnicas

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga libre m ³ /hr / CFM	Potencia Sonora dB(A)
CMX 250/2P	3550	1 1/2	230 / 460	4.5 - 4.1 / 2.07	3,144 / 1,849	85
CMX 250/4P	1725	1/4	208 - 230 / 460	1.1-1.1 / 0.6	1,568 / 922	70
CMX 315/4P	1725	1/2	208 - 230 / 460	1.99-1.9 / 0.98	3,450 / 2,029	79
CMX 315/6P	1120	1/4	220 / 440	1.8 / 0.9	2,302 / 1,354	69
CMX 355/2P	3520	7 1/2	208 - 230 / 460	19.6-17.8 / 8.9	9,249 / 5,473	97
CMX 355/4P	1755	1	230 / 460	3.0 / 1.5	4,560 / 2,698	82

Fuente Soler y Palau, 2018

De sus especificaciones técnicas obtenemos los siguientes datos:

Cuadro 13, Ventilador Centrifuga CMX 355/2P

Ventilador Centrifuga CMX 355/2P	
Velocidad (RPM):	3520
Potencia (HP):	7 1/2
Tensión (Volts):	208-230 / 460

Fuente Gómez (2023)

Una vez elegido el ventilador, diseñado tanto la campana como el ciclón y realizado el trazado de tuberías, se procede a realizar un ensamble de todo el equipo a utilizar para el sistema de aspiración de polvo (Ver Figura 27)

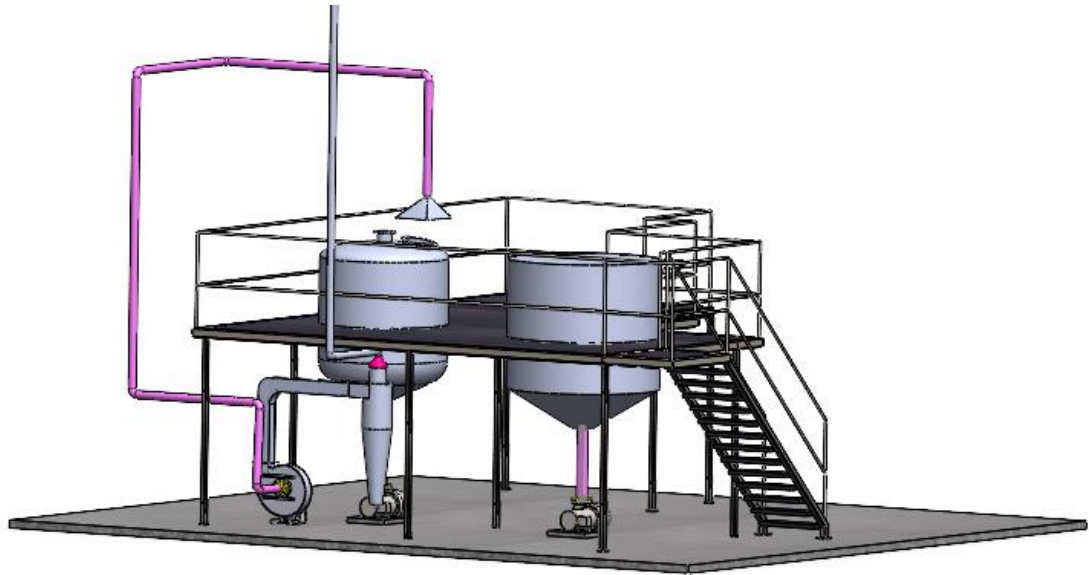


Figura 27. Modelo a escala sistema de extracción de polvo en área de formulación
Fuente Gómez (2023)

4.5 Fase V: Evaluación de la viabilidad económica, técnica, operativo y ambiental del sistema diseñado.

Durante esta fase se evaluó el rendimiento y su viabilidad tanto técnica como económica, operativa y ambiental del sistema de aspiración diseñado.

4.5.1 Viabilidad Económica

Para la realización de la propuesta de diseño de un sistema de aspiración de polvo se necesitan los siguientes recursos:

Recursos:

- 11.92 metros de tubería de acero inoxidable de 4 pulgadas



Figura 28. Tubería de acero inoxidable de 4 pulgadas

Fuente: Información suministrada por la Página de Internet de Mercado Libre (2023).

Tubo de acero inoxidable de 4 pulgadas: Es el requerido para el traslado del polvo aspirado desde la campana hasta el colector de polvo tipo ciclón, pasando mediante el ventilador centrífugo, se eligió este material debido a su resistencia a altas temperaturas a las que puede alcanzar su entorno, su precio es de 15\$ por cada 6 metros, se necesitan 11.92 metros de tubería para los 8 tramos, por lo cual se presupuestan 12 metros con un valor total de 30\$

- 7 codos de 4 pulgadas de acero inoxidable



Figura 29. Codos de acero inoxidable de 4 pulgadas

Fuente: Información suministrada por la Página de Internet de Mercado Libre (2023).

Codos de acero inoxidable de 4 pulgadas: Son necesarios para conseguir las conexiones en cada tramo y el ángulo necesario entre las tuberías que transportan el polvo poseen un precio de 25\$ por unidad, se requieren 7 codos, sería un total de 175\$.

- 1 ventilador Centrífugo, Con Motor, HP del Motor 7-1/2, Voltaje 208 a 230/460



Figura 30. Ventilador centrífugo

Fuente: Información suministrada por la Página de Internet de grainger.mx (2023).

- **Ventilador Centrífugo:** Es necesario un ventilador centrífugo con un motor con 7-1/2 HP, Voltaje 208 a 230/460, 3520 RPM, será el encargado de aspirar el polvo desde la campana hasta el ciclón, se requirió de un ventilador de mayor potencia a cambio de un diámetro de tuberías más reducido debido a la poca disponibilidad de espacio, su costo sería de 3196.79\$
- **1 campana extractora**



Figura 31. Campana Extractora

Fuente: Información suministrada por la Página de Internet de Mercado Libre (2023).

La Campana extractora

Es necesaria una campana extractora de polvo, se encargará de extraer el polvo desde la boca de visita del tanque hasta el ventilador, se recomienda su construcción propia debido a que cada campana es única para cada situación, debe tener unas medidas de 500x500 mm y una altura de 250mm, y un diámetro interno de 4 pulgadas, con un precio estimado de 570\$

- **1 ciclón colector de polvo**



Figura 32. Ciclón colector de polvo

Fuente: Información suministrada por la Página de Internet de Alibaba (2023).

Ciclón colector de polvo

Es necesaria un colector de polvo tipo ciclón, de igual forma que la campana extractora de polvo se recomienda su fabricación propia, ya que fue diseñado y calculado con las dimensiones del espacio disponible en campo, el ciclón se encargara de separar el polvo y desplazarlo hacia algún recipiente en la parte inferior y desplazar el aire sobrante a la atmosfera, su precio estimado es de 1800\$

Ubicación

El equipo se diseñó para su implementación entre el piso y la mezzanina del área de formulación, (Ver figura 33)

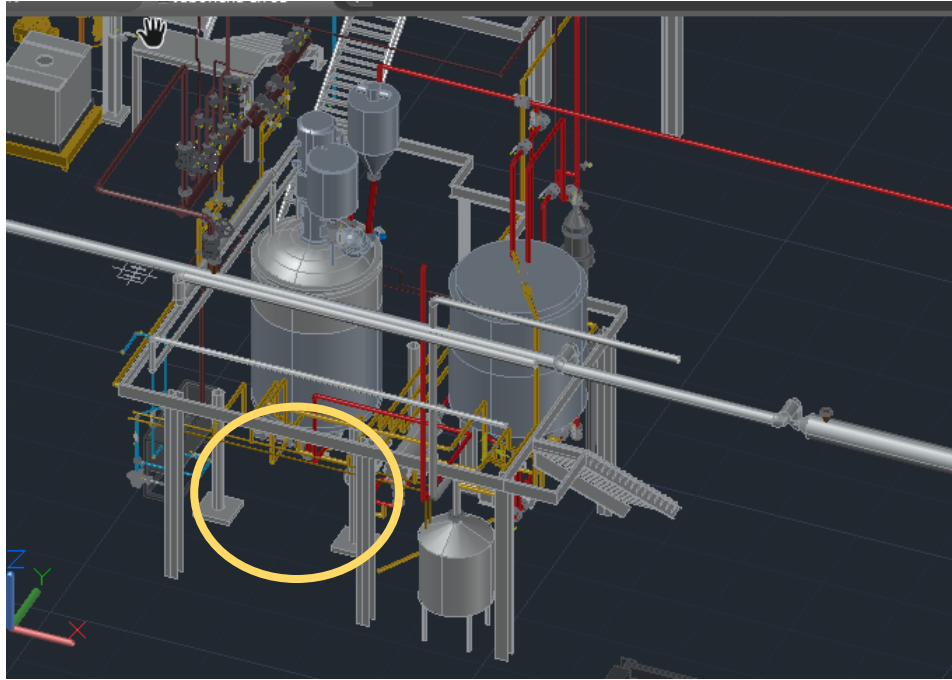


Figura 33. Vista de mezzanina de área de formulación
Fuente Gómez (2023)

Beneficios:

- Reducción de paradas imprevistas por polvo
- Facilidad de mantenimiento
- Fácil recolección de polvo

Costos inherentes a la propuesta

Es necesario tomar en cuenta también los costos que conllevan a realizar la propuesta planteadas en el presente estudio en lo que respecta al plan de mantenimiento preventivo que deberá tener el sistema de aspiración de polvo

Cuadro 14, Costos de fabricación

Items	Piezas	Cantidad Requerida	Costo Unitario \$	Total \$
1	Tuberia de acero inoxidable 4 plg	12 metros	\$15,00	\$30,00
2	Codos de Acero Inoxidable 4 plg	7 unidades	\$25,00	\$175,00
3	Ventilador Centrifugo	1 unidad	\$3.196,79	\$3.196,79
4	Campana Extractora	1 unidad	\$570,00	\$570,00
5	Ciclón Colector de Polvo	1 unidad	\$1.800,00	\$1.800,00
Total				\$5.771,79

Fuente: Gómez (2023).

4.5.2 Viabilidad Técnica

Dentro del diseño del sistema de extracción de polvo para una empresa fabricante de productos de limpieza, se presentan algunas restricciones de diseño las cuales se deben cumplir, estas son:

- Ubicación: debido al poco espacio disponible la ubicación tanto del colector de polvo como del ventilador pueden ser ubicados únicamente debajo de la mezzanina del área de formulación.
- Altura para la ubicación de la campana: la altura mínima a la cual se puede colocar la campana de extracción es de 0.3 metros debido a que el operador debe tener el espacio suficiente para manipular y movilizar los sacos que se colocaran en la boca de visita del tanque.

Considerando estas restricciones en el diseño, y una vez seleccionado el sistema de extracción localizado el cual se adapta a las condiciones de funcionamiento e infraestructura de la empresa fabricante de productos de limpieza

Se determina que el sistema de extracción de polvo debe contar con las siguientes características:

4.5.2.1 Ducteria

El trazado de las tuberías fue realizado después de dimensionar el espacio disponible, en el Cuadro 15 se indican las longitudes y el diámetro que deben cumplir los ductos.

Cuadro 15, de trazado de tubería

Tramos	Diámetro (Pulg)	Longitud (m)
L1	4	1,5
L2	4	3
L3	4	2
L4	4	0,4
L5	4	1,89
L6	4	1,08
L7	4	0,885
L8	4	1,165

Fuente: Gómez (2023)

4.5.2.2 Accesorios

En el Cuadro 16 se pueden observar la cantidad de codos necesarios por cada tramo.

Cuadro 16. Accesorios

Tramos	Accesorio	Diámetro (Plg)	Angulo
L1 - L2	Codo	4	90
L2 - L3	Codo	4	90
L3 - L4	Codo	4	90
L4- L5	Codo	4	90
L5- L6	Codo	4	90
L6- Ventilador	Codo	4	90
L7 - L8	Codo	4	90

Fuente: Gómez (2023)

4.5.2.3 Ventilador Centrífugo

El aspirador o extractor debe cumplir con las características de caudal y presión mostradas en el cuadro 17

Cuadro 17, Tabla de requisitos de ventilador

Caudal (m ³ /h)	Presión (Pa)
3000	1624.66

Fuente: Gómez (2023)

4.5.2.4 Ciclón

El ciclón debe tener las medidas indicadas en la tabla 18

Tabla 18. Dimensiones del Ciclón Propuesta

Descripción	Nomenclatura	Medidas (mm)
Diámetro de Ciclón	Dc	375
Altura de Salida	S	187,5

Diámetro de Salida	Ds	187,5
Altura Parte Cilíndrica	h	562,5
Altura Parte Cónica	z	937,5
Altura total	h	562,5
Diámetro de Salida	B	140,625

Fuente: Gómez (2023)

4.5.2.5 Campana de captación

La campana debe tener las medidas indicadas en la tabla 19

Tabla 19. Dimensiones de la Campana Propuesta

Descripción	Medidas (m)
Perímetro	2
Altura	0.25
Altura sobre el área de operación	0.3

Fuente: Gómez (2023)

4.5.3 Viabilidad Operativa

Tabla 20. Viabilidad Operativa

Aspecto	Viabilidad Operativa
Eficiencia	Alta
Capacidad de Captura	Adecuada
Mantenimiento	Moderado
Operación	Sencilla
Espacio Requerido	Moderado
Seguridad	Mejorada
Impacto en el Proceso	Mínimo

Fuente: Gómez (2023)

La tabla 20 muestra la evaluación de la viabilidad operativa del sistema de aspiración de polvo tipo ciclón propuesto. A continuación, se detalla cada aspecto:

Eficiencia: Se espera que el sistema de aspiración de polvo tipo ciclón tenga una alta eficiencia en la captura de partículas, reduciendo la presencia de polvo en el ambiente de trabajo y mejorando la calidad del aire.

Capacidad de captura: El sistema tendrá una capacidad adecuada para capturar las partículas de polvo generadas durante el proceso de formulación de jabones, evitando su dispersión en el entorno.

Mantenimiento: El sistema requerirá un mantenimiento moderado, que incluirá la limpieza regular de las tolvas o bolsas de recolección y la inspección periódica de los componentes para garantizar su correcto funcionamiento.

Operación: El sistema de aspiración de polvo tipo ciclón se diseñará para una operación sencilla, con controles y dispositivos de seguridad intuitivos y de fácil manejo por parte de los operadores.

Espacio requerido: El sistema necesitará un espacio moderado para su instalación, considerando el tamaño del ciclón, las tolvas o bolsas de recolección y los conductos de ventilación.

Seguridad: La implementación del sistema de aspiración de polvo mejorará la seguridad en el entorno de trabajo al reducir la exposición de los trabajadores a partículas contaminantes, disminuyendo el riesgo de enfermedades respiratorias y mejorando las condiciones laborales.

Impacto en el proceso: El impacto en el proceso de formulación de jabones será mínimo, ya que el sistema se integrará de manera adecuada sin interferir con las operaciones principales.

En general, la viabilidad operativa del sistema de aspiración de polvo tipo ciclón es alta, ya que cumple con los requisitos de eficiencia, capacidad de captura y seguridad, con un mantenimiento y operación sencillos. Además, su impacto en el proceso de formulación de jabones es mínimo, lo que permite una implementación fluida y sin interrupciones significativas en la producción.

4.5.4 Viabilidad Ambiental

El sistema de aspiración de polvo tipo ciclón se diseñó para capturar y separar las partículas de polvo presentes en el aire generado durante el proceso de formulación de jabones. El ciclón aprovecha la fuerza centrífuga para separar las partículas más pesadas y dejarlas depositadas en

unas tolvas o bolsas de recolección. Por lo tanto, el aire que se libera a la atmósfera a través de la salida superior del ciclón estará en gran medida libre de partículas contaminantes.

Esta propuesta busca mitigar los impactos negativos que el polvo puede tener en la planta de producción de jabones, como la afectación a la calidad del aire, la salud de los trabajadores y el entorno cercano. Al implementar este sistema de aspiración, se espera reducir significativamente la emisión de partículas al medio ambiente y mejorar la calidad del aire en la planta.

Si no se implementa un sistema de aspiración de polvo, las partículas seguirán siendo liberadas al ambiente y contribuirán a la contaminación en la planta de producción de jabones. Esto podría tener consecuencias adversas tanto para la salud de los trabajadores como para el entorno, aumentando los riesgos de enfermedades respiratorias y afectando la calidad del aire en la comunidad circundante.

En resumen, la propuesta de implementar un sistema de aspiración de polvo tipo ciclón busca mitigar los impactos ambientales negativos asociados a la emisión de partículas en la planta de producción de jabones. Al capturar y separar las partículas de polvo, se espera mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación en el entorno, brindando beneficios tanto para la salud de los trabajadores como para el medio ambiente en general.

CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto, se ha abordado de manera exhaustiva la problemática del polvo en el ámbito industrial, proponiendo un diseño innovador de sistema de extracción de polvo. Este sistema ha demostrado ser eficiente y adecuado para la captación y transporte de contaminantes en el entorno de trabajo, brindando al operador un alivio significativo en términos de salud y seguridad laboral.

La elección de tuberías de acero inoxidable como material principal ha resultado en una solución duradera y resistente, garantizando un flujo óptimo de materiales desde la campana hasta el ciclón, gracias a la contribución del ventilador seleccionado cuya potencia nominal debe ser de 7½ HP y 3520 rpm . La cuidadosa selección de materiales y componentes ha permitido minimizar las pérdidas de presión, asegurando así un funcionamiento fluido y continuo del sistema.

Durante el desarrollo del proyecto, se han abordado aspectos fundamentales como la determinación del área de generación de polvo, el cálculo preciso de los caudales requeridos, el diseño adecuado de las tuberías y componentes, y la evaluación exhaustiva de las pérdidas de presión.

Se ha demostrado la importancia de considerar factores clave, como que el diámetro de las tuberías debe ser de 4 pulgadas, el material debe ser un acero inoxidable la rugosidad de los materiales, los factores de fricción y las características del flujo, para lograr un funcionamiento eficiente y óptimo del sistema. Además, se ha evaluado rigurosamente la viabilidad técnica y operativa del sistema, teniendo en cuenta la capacidad de captura de contaminantes y la seguridad en la operación.

La estrategia adoptada en este proyecto ha sido clave para la selección de un ventilador de mayor potencia, lo cual ha resultado en una solución eficiente que supera las limitaciones de espacio existentes en el entorno de trabajo. Esta decisión ha optimizado el rendimiento del sistema de extracción, garantizando su eficacia y eficiencia sin comprometer la calidad del aire y la protección de los operadores.

En conclusión, El desarrollo de un sistema de extracción de polvo, abordará de manera efectiva la problemática presentada en la empresa, lo que contribuye en el cuidado de la salud de los trabajadores.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la empresa realizar pruebas y ajustes en el sistema una vez instalado, con el fin de optimizar su rendimiento y verificar que cumple con los requisitos de extracción de polvo establecidos.
2. Es importante llevar a cabo un seguimiento regular del sistema, realizando inspecciones periódicas para garantizar su correcto funcionamiento y realizar mantenimiento preventivo cuando sea necesario.
3. Se sugiere llevar a cabo un monitoreo continuo de la calidad del aire en el área de trabajo, para verificar la eficacia del sistema de extracción de polvo y realizar ajustes si es necesario.
4. En caso de futuras expansiones o modificaciones en el área de trabajo, se debe tener en cuenta la capacidad y dimensionamiento del sistema de extracción de polvo, para asegurar que siga siendo eficiente y cumpla con los estándares de seguridad y salud ocupacional.

Estas conclusiones y recomendaciones están basadas en el análisis y diseño realizado en este proyecto. Es importante tener en cuenta las condiciones y requisitos específicos de cada sitio de trabajo al implementar un sistema de extracción de polvo, y considerar las regulaciones y normativas vigentes relacionadas con la calidad del aire y la seguridad ocupacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACGIH. (1988). *Industrial Ventilation*. [libro en línea]
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/001/acgih.manual.1998.pdf>.

Altahona, A., Gutiérrez, C. (2017) *Diseño y construcción de un sistema de extracción, separación y recolección del polvillo de piedras trituradas para la empresa CORPISOS S. A.* (Tesis para Ingeniero Mecánico). Corporación universitaria de Bolívar, Colombia

Arias, F. (2012), *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Sexta edición. Editorial Episteme

Arciniegas C. (2012). *Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10*. Revista Luna azul. Universidad de Caldas.

Aire limpio global, (2021) *Tipos de Ventiladores*, [En línea].
<https://airelimpioglobal.com/blog-aire-limpio-global/>.

Airtecnicos.com, (2023) *Generalidades de Ventiladores*, [En línea].
<https://www.airtecnicos.com/es/tecnologia/ventiladores-ec-generalidades>.

simúBarahona, N. (2019). *Propuesta de un sistema de aspiración localizado, para la extracción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secado de la empresa INDUAMÉRICA TRADE s.a.* (Tesis para Ingeniero Mecánico electricista). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú

Badger, w. Y Banchemo, j. (1985). *Introducción a la Ingeniería Química*. Edit. Mc Grau. Hill. México. [libro en línea].

Coyla, J. (2020). *Diseño de un sistema de aspiración localizada para mejorar el proceso de control y aspiración de material particulado en la empresa confecciones paz*. (Tesis para Ingeniero Mecánico). Universidad Autónoma San Francisco, Perú.

Connor Nick (2019) [En línea] <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-ecuacion-de-darcy-weisbach-definicion/>

Escoda, S. (2009). *Manual Práctico De Ventilación*, Segunda Edición. Barcelona, España.

- Flick, U. (2014). *Introducción a la investigación cualitativa* (5ª ed.). Ediciones Morata.
- Johnson, C., & Brown, D. (2020). *Engineering Design: A Project-Based Introduction*. Wiley.
- Márquez Andrés y Ulloa Jonathan, (2018). (tesis de grado). *Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la fundación salesiana "PACES"*
- Normas COVENIN (1995)
- Palella, S. y Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Fedupel. Caracas.
- Procequip (2022 marzo 9) [en línea] <https://www.colectoresindustriales.mx/blog/que-es-un-colector-de-polvo/>. (marzo, 9)
- Redola, R. (2017) *Caracterización de sistemas de extracción localizada de aire mediante mapas de iso-velocidad generados mediante técnicas CFD* (Tesis para ingeniero tecnologías Industriales). Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Regla, I. Vázquez V. Cuervo, D. Cristóbal A. (2014). *La química del jabón y algunas aplicaciones*. [libro en línea] consultado el día 9 de mayo de 2023 de la World Wide Web: https://www.academia.edu/24213495/la_qu%C3%8dmica_del_jab%C3%93n_y_algunas_aplicaciones. Reference.
- Rojas, O., & Salas, B. (1999). *Producción automatizada. Sistemas CAD/CAE/CAM*.
- Soler, Palau (2009). *Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau*. [libro en línea]. consultado el día 15 de mayo de 2023 de la World Wide Web: <https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/mven/spventilacionc2.pdf>.
- Shames, I.H. *La Mecánica de los Fluidos. McGraw- -Hill*. [libro en línea]. consultado el día 8 de abril de 2023 de la World Wide Web: <https://dokumen.tips/education/mecanica-de-fluidos-irving-h-shames-3ra-edicion-1.html?page=3>.
- Smith, A., & Johnson, B. (2018). *Technology in Society: An Introduction*. Cambridge University Press.

Suxe Nilson, (2019). (tesis de grado). *Propuesta de un sistema de aspiración localizado, para la extracción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secado de la empresa Induamérica Trade s.a. San Rafael–Bellavista–San Martín*". [en línea] <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5721/BC-4154%20BARAHONA%20SUXE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Utria Ali y Pertuz Carlos, (2001). (tesis de grado). *Diseño y construcción de un sistema de extracción, separación y recolección del polvillo de piedras trituradas para la empresa Corpisos S. A.* [en línea]. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/597#page=1>

Wady, A. 2001. [en línea] <https://www.monografias.com/trabajos6/sipro/sipro>.

Wade L. (2011). *Química orgánica. Volumen 2*. Séptima edición. [libro en línea]. www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/. ESS. (2016)

White, F.M. *Mecánica de Fluidos*. McGraw-Hill. [libro en línea]. <https://www.udocz.com/apuntes/22000/mecanica-de-fluidos---frank-m-white>.

Yunus A. Çengel y John M. (2012). *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. 4 edición. Mc Graw Hill, interamericana editores S.A.

Yanqui José, (2020) *Diseño de un sistema de aspiración localizada para mejorar el proceso de control y aspiración de material particulado en la empresa confecciones paz*. Perú Arequipa, [En línea] <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3343625>

ANEXOS



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CUADRO TÉCNICO METODOLÓGICO

OBJETIVO GENERAL: Proponer el diseño de un sistema de aspiración de polvo para el proceso de formulación de jabones en una empresa fabricante de productos de limpieza

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar las propiedades biológicas, químicas o físicas además de las propiedades intrínsecas de cada uno de los aditivos y materias primas involucradas para cada tipo de jabón	Estudio de Proceso	Procedimiento	Formulación	1, 2	Entrevista Estructurada con Guía de Preguntas
			Antigüedad	3	
			Variables	4	
		Disponibilidad de Espacio	Ubicación	5	
		Manejo de materiales	Aditivos	6, 7	



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA	
	<ul style="list-style-type: none">• Indique su función dentro de la empresa• Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas• Responda de manera objetiva• En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario

N°	Guion de entrevista
1	¿Cómo es el proceso de adición de los aditivos durante el proceso de formulación de jabón?
2	Desde su experiencia, indique, ¿cómo ha cambiado en el transcurrir del tiempo el proceso de formulación en la fabricación de jabón?
3	Desde su experiencia en la preparación de fórmulas para elaboración de jabones, puede usted describir, ¿cómo influye la antigüedad del trabajador en la calidad del jabón, al realizar el proceso manualmente?
4	¿Qué variables críticas se deben tener en cuenta durante la formulación del jabón?
5	Puede usted enumerar las maquinarias y equipos que conforman el proceso de elaboración de jabón y ¿cuál o cuáles de estas, podrían obstaculizar la ubicación de un sistema de extracción de polvo?
6	¿Cuál es el peso de los sacos de cada aditivo involucrados en el proceso de formulación?
7	¿Cuál es el aditivo utilizado de mayor cantidad en el proceso de formulación de jabón?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 10/04/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero Industrial.
--	-----------------------



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 10/04/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	INGENIERO, DOCTOR EN INGENIERIA
--	---------------------------------



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados.
 anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		

Fecha: 10/04/2023


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING. MECÁNICO ESP. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL MAGISTER PROceso DE MANUFACTURA Dr. EN EDUCACIÓN
--	--