



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

**ASPIRADOR DE POLVO UNGUEAL Y PARTÍCULAS CUTÁNEAS PARA
CONSULTORIOS PODOLÓGICOS**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Autor:

Pinchao Mejía, Stalin Javier

Director:

PhD. Ojeda Peña, David Alberto

Ibarra - Ecuador

2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718543844		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pinchao Mejía Stalin Javier		
DIRECCIÓN:	Av. 17 de Julio, Ibarra		
EMAIL:	sjpinchaom@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	023442006	TELÉFONO MÓVIL:	0995191212

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas para consultorios podológicos
AUTOR (ES):	Pinchao Mejía Stalin Javier
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	2024/02/09
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ojeda Peña, David Alberto, PhD

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

(Firma) 

Nombre: Pinchao Mejía Stalin Javier

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 09 de febrero de 2024

Ing. Ojeda Peña, David Alberto, PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f)
Ing. Ojeda Peña, David Alberto, PhD.
C.C.:1757898489

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación “ASPIRADOR DE POLVO UNGUEAL Y PARTÍCULAS CUTÁNEAS PARA CONSULTORIOS PODOLÓGICOS” elaborado por Stalin Javier Pinchao Mejía, previo a la obtención del título del Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....


Ing. Ojeda Peña, David Alberto, PhD.
Director de Trabajo de Grado

(f):.....


Ing. Cosme Damían Mejía Echeverría, MSc.
Asesor de Trabajo de Grado

Dedicatorias

Dedico esta tesis a mis padres, quienes han sido los pilares principales en mi camino académico. A mi padre José Pinchao, cuyo sacrificio y esfuerzo económico han hecho posible que pueda estar aquí hoy. A mi madre Corina Mejía, por su amor incondicional, su aliento constante y su apoyo inquebrantable, le debo no solo mi éxito académico, sino también mi fortaleza emocional.

A mis queridas hermanas, quienes han sido mis confidentes, dentro de este transcurso académico las cuales me han brindado inagotable apoyo a lo largo de mi vida.

A mis sobrinas y sobrino, quienes llenan mi vida de alegría, inspiración y amor incondicional. Ustedes son mi motivación diaria para esforzarme y alcanzar mis metas.

A mis amigos más cercanos, Alex, María, Analía y Alisson, por estar a mi lado en cada etapa de este camino. Sus palabras de aliento, su compañía incondicional y su alegría contagiosa han sido un bálsamo para el alma durante los momentos de estrés y desafío.

A mi compañero de viaje, la fuente de inspiración de este proyecto, Esteban, quien me ha sabido apoyar. Gracias a su incondicional ayuda, parte fundamental de este trabajo ha sido posible. Gracias por ser más que un amigo leal, mi más grande amor

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud hacia la Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera de Macatrónica. Agradezco sinceramente a las autoridades y profesores del programa por su constante apoyo, ayuda y orientación a lo largo de mi formación académica. Asimismo, deseo reconocer y agradecer al Ing. David Ojeda, Ph.D., y al MSc. Cosme Mejía por su invaluable guía, confianza y paciencia como tutor y cotutor, respectivamente, durante el desarrollo de este proyecto, lo cual contribuyó significativamente a lograr resultados satisfactorios.

Índice general

Cesión de derechos de autor a favor de la Universidad Técnica del Norte	II
Certificación del director del trabajo de grado	III
Aprobación del comité calificador	IV
Dedicatorias	V
Agradecimientos	VI
Índice general	VII
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	XI
Resumen	XIII
Abstract	XIV
I. MARCO DE REFERENCIA Y TEÓRICO	2
1.1. Marco de Referencia	2
1.1.1. Antecedentes	2
1.2. Marco Teórico	6
1.2.1. Tipos de enfermedades tratadas por el podólogo.	6
1.2.2. Dispositivos usados por los podólogos.	14

1.2.3.	Características físicas del polvo ungueal y partículas cutáneas	15
1.2.4.	Tecnologías utilizadas en la extracción de polvo y partículas.	16
1.2.5.	Componentes de un sistema de extracción localizada	18
1.2.6.	Ventiladores.	24
II.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Enfoque y tipo de investigación	27
2.2.	Diseño de la investigación	27
III.	RESULTADOS y ANÁLISIS	30
3.1.	Obtención de propiedades físicas del polvo ungueal	30
3.2.	Especificaciones del sistema a diseñar (características esperadas y restricciones)	31
3.2.1.	Casa de calidad - QFD	32
3.2.2.	Desglose de funciones	32
3.2.3.	Matriz morfológica	32
3.3.	Alternativas de solución	33
3.3.1.	Alternativa 1	34
3.3.2.	Alternativa 2	34
3.4.	Selección de la mejor alternativa mediante el uso de ponderación de criterios. .	35
3.5.	Cálculos del equipo de extracción	36
3.5.1.	Velocidad de captación	36
3.5.2.	Diseño de la campana de extracción	37
3.5.3.	Cálculo del caudal	39
3.5.4.	Pérdidas de captación de la campana	39
3.5.5.	Pérdidas de carga en el ducto	40
3.6.	Simulación de flujo de caudal	42
3.6.1.	Cálculos de eficiencia	43
3.7.	Características de los elementos	46
3.7.1.	Características de la aspiradora	46
3.7.2.	Características de la campana	47

3.7.3. Características del filtro	47
3.8. Pruebas de funcionamiento	47
3.9. Seguridad para la eliminación de los desechos producidos por el aspirador . . .	49
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1. Conclusiones	50
4.2. Recomendaciones	51

Índice de figuras

1.1. Diagrama de la fuente de liberación de polvo y las ubicaciones de muestreo [1].	3
1.2. Proceso de recogida de polvo de la campana de aspiración [2].	4
1.3. Colector de polvo de uñas con pendientes y divisores [3].	5
1.4. Dispositivo colector de polvo con tubo de aire extensible y flexible [4].	6
1.5. Hiperhidrosis plantar [5].	8
1.6. Afectación de la podomycosis [6].	9
1.7. Callosidades y callos [7].	11
1.8. Forma de presentación de verruga plantar [8].	11
1.9. Uña con Onicomycosis [9].	12
1.10. Uña encarnada [10].	13
1.11. Micro motor podológico [11].	14
1.12. Micromotor con fresa.	15
1.13. Micromotor con mandril.	15
1.14. Sistema de extracción portátil [12].	16
1.15. Sistema de extracción doble [13].	17
1.16. Elementos de un sistema de extracción localizada [14].	18
1.17. Tipos de campanas [15].	19
1.18. Campanas simples [16].	19
1.19. Extractor en forma de cabina [16].	20
1.20. Campana de tipo elevada [16].	21
1.21. Mecanismo de operación de una cámara de sedimentación [17].	21
1.22. Mecanismo de operación de una cámara de modo ciclón [18].	22

1.23. Filtros de tela [19].	23
1.24. Ventilador de tipo axial [20].	25
1.25. Ventilador centrífugo [21].	26
3.1. Matriz morfológicas de alternativas de diseño.	33
3.2. Diagrama de la fuente de liberación de polvo y las ubicaciones de muestreo [1].	34
3.3. Factor de pérdida de campana para entrada redonda o rectangular [22].	37
3.4. Bosquejo de la campana extractora.	38
3.5. Medición de rugosidad.	41
3.6. Medición de presión con vacuómetro.	42
3.7. Simulación de caudal.	43
3.8. Campanas.	44
3.9. Gráfica de eficacia vs altura.	46
3.10. Colocación de la aspiradora.	48
3.11. Colocación de la manguera.	48
3.12. Verificación de la campana.	48

Índice de tablas

1.1. Pruebas para detectar Hiperhidrosis plantar	8
1.2. Afecciones producidas por hongos en la onicomicosis	13
1.3. Características físicas del polvo ungual	15
1.4. Resumen de los filtros de tela y sus características	24
3.1. Ventajas y desventajas del uso de un ventilador axial	34
3.2. Ventajas y desventajas del uso de un ventilador centrifugo.	35
3.3. Tabla de ponderación de criterios.	35
3.4. Velocidad de captación por campana	36
3.5. Datos de absorción campana 1	45
3.6. Datos de absorción campana 2	45
3.7. Datos de absorción campana 3	45

Resumen

Los centros de Podología no contaban con un sistema de extracción de polvo ungueal y partículas cutáneas que fueran producidas por el uso de un micromotor con fresas al tratar las diferentes patologías del pie, lo que llevaba a los podólogos a enfrentar una diversidad de enfermedades a corto y largo plazo debido a la inhalación de este polvo contaminado. Se procedió a presentar el diseño y construcción de un aspirador que pudiera captar la mayor cantidad posible de polvo producido en el área de trabajo del podólogo. Mediante el uso de entrevistas se obtuvieron los requerimientos necesarios para su fabricación; además, se llevaron a cabo pruebas de simulación para verificar su funcionamiento. Para obtener un diseño, se plantearon dos alternativas de solución, las cuales fueron seleccionadas en base a las especificaciones del centro podológico. Para garantizar la eficiencia de la captación de polvo, se realizaron pruebas para determinar el porcentaje del polvo a capturar. Finalmente, se concluyó que el aspirador garantiza una aspiración del 71 % del polvo producido.

Palabras clave: Polvo ungueal, partículas cutáneas, aspirador, podología.

Abstract

Podiatry centers lacked a system for extracting nail dust and cutaneous particles generated by the use of a micromotor with milling cutters when treating various foot pathologies, leading podiatrists to face a variety of short- and long-term illnesses due to the inhalation of this contaminated dust. The design and construction of a vacuum cleaner capable of capturing the maximum amount of dust produced in the podiatrist's workspace was presented. Through interviews, the necessary requirements for its manufacture were obtained; additionally, simulation tests were conducted to verify its operation. To obtain a design, two solution alternatives were proposed, which were selected based on the specifications of the podiatry center. To ensure the efficiency of dust capture, tests were conducted to determine the percentage of dust to be captured. Finally, it was concluded that the vacuum cleaner ensures aspiration of 71

Keywords: Nail powder, skin particles, aspirator, podiatry.

Introducción

Planteamiento del problema

En el Ecuador la podología es un campo que ha tenido, en los últimos años, un gran crecimiento. Esto se debe a varios motivos fundamentados en los principales casos de patologías del pie, que son tratados por el podólogo tanto en la modalidad preventiva como paliativa [23]. Una de las patologías tratadas corresponde al tratamiento de los callos. Para ello, el podólogo usa utensilios que producen un polvo tóxico provenientes de la eliminación de las callosidades y limado de uñas en las que se encuentran diferentes tipos de bacterias, virus y hongos. En los actuales momentos existe una carencia con el manejo de estos restos de partículas, ya que, usando un micromotor con fresas intercambiables, suelen generarse una dispersión de polvos contaminantes que afectan el sistema respiratorio y ocular del tratante.

Por lo anteriormente descrito, surge la necesidad de desarrollar un sistema para la eliminación de polvo, producido al momento de pulir las diferentes partes afectadas del pie (uñas y talón), mediante la creación de un aspirador el cual va a almacenar las partículas producidas por

el micro motor con fresas.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas para consultorios podológicos.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas del polvo ungueal para su aspiración.
- Fabricar el aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas.
- Validar el funcionamiento del prototipo.

Justificación

Este proyecto se sustenta en los conceptos relacionados con el tema de estudio. Así, se exploran, identifican, describen y explican los fundamentos relacionados con la fabricación de un aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas.

El motivo que me llevo a la creación del aspirador para consultorios de podología es generar un mejor manejo sobre el polvo que producen al momento de realizar el fresado ungueal debido a que genera una alta concentración de polvos ungueales que pueden causar efectos adversos

para la salud del tratante y, a largo plazo, desencadenar una patología respiratoria crónica propia de la profesión podología, como es el pulmón del podólogo.

En la actualidad existen diversos micromotores que cuentan con la función de un aspirador, pero llegan a tener un costo elevado; por lo cual, al momento de fabricar un aspirador que puede ser adaptado a cualquier tipo de micro motor con fresa que no cuente con esta función, permite a los podólogos mejorar su ambiente de trabajo y su salud.

Alcance

Diseño de un prototipo de aspirador podológico que va a succionar el polvo ungueal, proporcionando un porcentaje mayor de limpieza al momento de trabajar, para esto se seleccionará un centro podológico en el cual se va a realizar las pruebas correspondientes avaladas tanto como por el podólogo tratante y el ingeniero.

Capítulo I

MARCO DE REFERENCIA Y TEÓRICO

1.1. Marco de Referencia

1.1.1. Antecedentes

Los podólogos pasan gran parte de su día utilizando micro motores con diferentes tipos de fresas, adaptadas para reducir el grosor de las uñas y suavizar los callos de los pies. Mediante este proceso se genera una gran cantidad de polvo, lo cual es lo suficientemente pequeño para ser inhalado y depositarse en el tracto respiratorio, lo que conlleva a problemas de salud. Por medio de análisis de laboratorio se comprueba que el polvo producido de pies y uñas frecuentemente contiene hongos. Para de cierta forma proteger al podólogo, es necesario el uso de una máscara quirúrgica, un sistema de supresión de rociado de agua en taladros de uñas, instalar filtración de aire y considerar la técnica de perforación a utilizar para ayudar a reducir la exposición del polvo de uñas [24].

En 2010, Ramos y otros [25], abordaron las diferentes patologías de interés podológico, a partir del punto de vista epidemiológico. Proceden a utilizar algunos conceptos básicos, como la clasificación de los agentes biológicos conforme al riesgo de infección. Utilizan un método de análisis minucioso de bacterias, hongos y virus, tomando en consideración las lesiones más frecuentes que pueden provocarse en el pie. Asimismo, se presentan los resultados de un estudio sobre los gérmenes obtenidos en las muestras tomadas en el Área Clínica de Podología (ACP)

de la Universidad de Sevilla y confirmados mediante un análisis microbiológico.

Domínguez y otros [26], en 2017, hablan de una de las enfermedades más comunes en la podología. La psoriasis es una patología inflamatoria que altera a la piel y a las articulaciones, en este caso se tiene un enfoque relacionado a los efectos que tiene en el pie, se reconoce por síntomas como una fuerte proliferación e incompleta diferenciación de los queratinocitos. El tratamiento ideal que procede a realizar el podólogo es mediante un fresado en el área afectada con el uso de un micromotor con fresas para eliminar el engrosamiento, además se debe usar medicación tópica y en casos de gravedad mandar fármacos de vía oral.

En 1992, Abramson y otros [27], procedieron a un análisis de las partículas de polvo de uñas con la ayuda de microscopía electrónica de barrido referente al tamaño y topografía. Además, para obtener el porcentaje de polvo que puede ser inhalado y a su vez adherirse en los alvéolos y bronquiolos se utilizó un análisis cuantitativo con un enfoque en el tamaño de las partículas. La distribución que se usó representa la masa total, alcanzando como resultado un tamaño aproximado del polvo de uñas que se encuentra entre una medida 1 y 2 micras. Los especialistas en el estudio encontraron que el 86% del polvo alcanza a los bronquiolos y los alvéolos, afectando a corto o largo plazo el pulmón del podólogo.

Con base en Logache [1], en 2021, se procede a reportar una investigación en el estudio de partículas de polvo liberadas por el limado de uñas que se realizan en salones de manicura, para reconocer sus propiedades físicas. Se evidenció que usando un experimento computacional de un escape lateral capturaría partículas de polvo de manera efectiva como se visualiza en la Figura 3.2. Se desarrolló una simulación matemática para el flujo de aire cargado de polvo alrededor de una capucha lateral con bridas. El polvo liberado mediante el tratamiento de uñas puede quedar atrapado de una manera eficaz con un conducto de escape lateral montado en la mesa con una brida semicircular que tiene una longitud de calibre de 2 a 4 veces (radio de tubería).

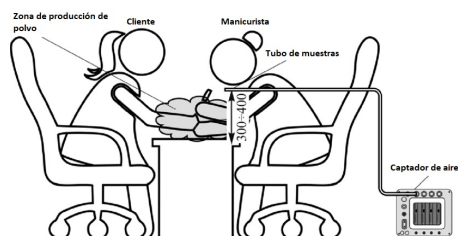


Figura 1.1: Diagrama de la fuente de liberación de polvo y las ubicaciones de muestreo [1].

En el estudio realizado por Lia y otros [2], en 2021, se presenta una investigación sobre el punto de carga de tallos de tabaco en una fábrica, donde se llevó a cabo la instalación de una cortina de aire de flujo rotativo con dimensiones de $(2 \times 2 \times 2)$ m. Durante el estudio, se analizaron y compararon las características de captación del polvo utilizando tanto una campana de aspiración original como el sistema de captación mediante la cortina de aire. Los resultados revelaron que la concentración externa de polvo durante el funcionamiento de la campana de aspiración original era de $83,65 \text{ mg}/\text{m}^3$, con una eficiencia del 16,35 %, indicando una fuga significativa de polvo. Sin embargo, tras la implementación del sistema de cortina de aire desarrollado, la eficiencia de captación de polvo se incrementó a un 94,76 % bajo las mismas condiciones de funcionamiento. Estos resultados sugieren que el estudio comparativo entre cortinas de aire y campanas de aspiración normales puede servir como guía para establecer parámetros de fabricación de campanas, teniendo en cuenta la mejora en la eficiencia de captación observada con la cortina de aire.

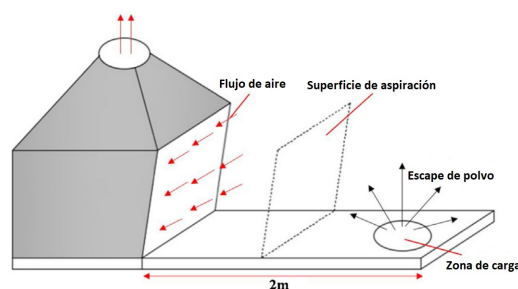


Figura 1.2: Proceso de recogida de polvo de la campana de aspiración [2].

En 2023, Márquez y otros [28], llevaron a cabo un análisis centrado en la fabricación de alternativas tecnológicas para la extracción de polvo en una carpintería. Se procedió a diseñar un sistema que fue evaluado utilizando parámetros de entrada relacionados con la producción de polvo, lo que permitió dimensionar los componentes del sistema. Para analizar los resultados, se realizaron pruebas utilizando el programa de simulación ANSYS, que proporcionó una comparación entre la velocidad y la caída de presión en el tramo más significativo para el dimensionamiento del ventilador. Los datos obtenidos de la simulación revelaron que durante las horas de trabajo en la carpintería, se observaba una concentración de polvo suspendido de 27,3 miligramos por metro cúbico, superando los límites establecidos por las normativas, lo que afectaba directamente el sistema respiratorio de los trabajadores. Además, el análisis del documento proporcionó información sobre las fórmulas y tipos de campanas comúnmente utilizados para la aspiración de partículas, lo que facilitó la adaptación de estas técnicas a las condiciones

específicas de aspiración para un polvo con menos tamaño y densidad.

Cheung, en 2021 [3], en su patente procede a resolver un problema en los centros de manicuristas, mediante un colector de polvo de uñas que disponga de una pendiente y una placa divisora para impedir que el polvo se disperse. La solución para el problema fue utilizar una carcasa que contenga una parte inclinada, un puerto de suministro de aire, un puerto de escape, un puerto de suministro de aire abierto que se encuentre ubicado en la parte inclinada y un puerto de escape abierto en la parte inferior como se puede visualizar en la figura 1.3. La placa divisoria de polvo se encuentra ubicada en la carcasa, el filtro va a ser colocado dentro de la carcasa y cerca del puerto de suministro de aire, y el gas debe estar dentro de la carcasa, para de esta manera suministrar al puerto de suministro de aire. Además, de evitar la dispersión de polvo al momento de realizar la actividad de limpieza de uñas se aumenta la comodidad de las personas que va a hacer tratada.

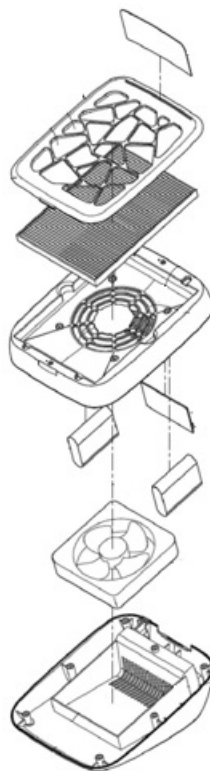


Figura 1.3: Colector de polvo de uñas con pendientes y divisores [3].

Con base en la patente de Kuo [4], en 2009, se analiza la aspiración del polvo obtenido

mediante la pulida de la uña, los usuarios normalmente utilizan cortaúñas, limas, tijeras, cepillos, pulidor para recortar y moldear las mismas. Durante el proceso de pulido de uñas, algunas partículas de polvo pueden caer lento o rápido, causando una gran acumulación de polvo en el sitio de trabajo, que llega a afectar la salud de los usuarios. Por lo tanto, el personal suele tener listo un sistema para recoger el polvo y de esta manera el ambiente de trabajo, para esto propone principalmente un aspirador con un tubo de aire extensible y flexible, que llega a inhalar directamente el polvo de uñas que cae lentamente y a su vez es expulsado por el pulidor de uñas como se puede observar en la figura 1.4, obteniendo una eficacia de recogida superior al 50 %, lo que reduce en gran medida las partículas de polvo de la uña en el ambiente de trabajo.

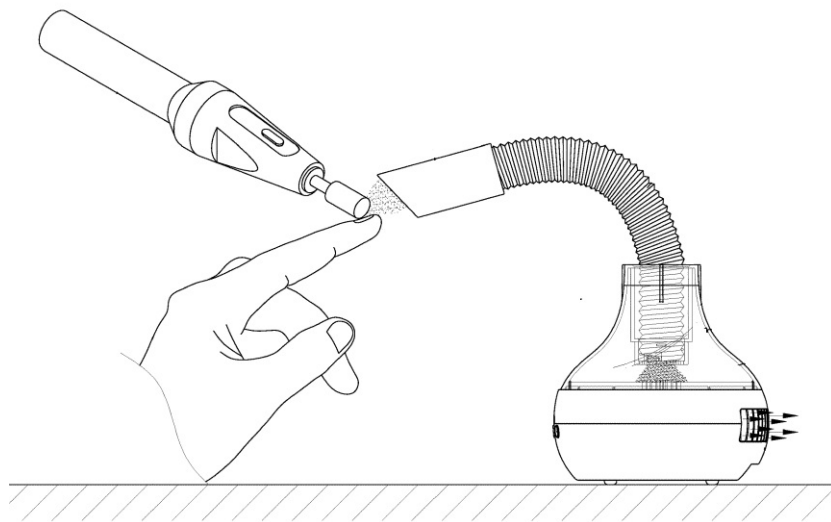


Figura 1.4: Dispositivo colector de polvo con tubo de aire extensible y flexible [4].

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Tipos de enfermedades tratadas por el podólogo.

Las enfermedades de los pies son sumamente frecuentes y algunos de ellos llegan a producir dolor y malestar. Asimismo, no existe un único recurso de estas enfermedades, debido que hay diferentes tipos de dolor de pies con una gran variedad de síntomas.

Enfermedades en los pies

Las causas más frecuentes son debido al uso de zapatos inadecuados, demasiados ajustados,

o que contenga tacón alto, o una plantilla inclinada; estos factores pueden provocar deformaciones en el pie conocidas como callosidades y juanetes. De la misma forma, otra causa se encuentra en la falta de una adecuada ventilación en el calzado. Es importante que los pies transpiren, y si esto no es posible, quedan encerrados en un ambiente húmedo que propicia el desarrollo de una variedad de hongos [29].

La manera de evitar lo antes mencionado es tener una buena higiene que no se encuentre enfocada solo en la limpieza diaria seguida de un secado muy meticuloso, especialmente entre los dedos, sino también en el corte y limpieza frecuente de las uñas y el uso de calcetines transpirables que tengan una fabricación de lana o de algodón y por último de un calzado fabricado con materiales que sean igual transpirables [29, 10] .

Pies sudorosos o Hiperhidrosis Plantar

Es la producción de sudoración excesiva de los pies, por causas de sobre estimulación en los nervios relacionados en el sistema simpático. En la parte de la hiperhidrosis plantar se encuentran los nervios que estimulan el pie que son provenientes de las cadenas torácicas y lumbares. A causa de esto, las personas pueden llegar a sudar incluso en temperaturas frescas o estando en reposo, en la figura 1.5 se puede visualizar las áreas de afectación de la hiperhidrosis plantar [29, 5].

Las personas con hiperhidrosis poseen glándulas sudoríparas bastante activas, que cuando llega a afectar las manos, los pies y las axilas, es denominada como hiperhidrosis primaria, a causa de esta se desconoce a ciencia exacta, pero parece existir una respuesta hipersensible en los estímulos hipotalámicos que son producidos y ubicados en el córtex cerebral. Por otro lado, si la sudoración es producida como resultado de otra patología médica, es denominada hiperhidrosis secundaria [29, 5].

La forma de realizar un diagnóstico es empezando por el propio paciente que observa como su pie a diferencia de otros, suda excesivamente sin ninguna razón aparente. Por otra parte, se pueden utilizar pruebas para diagnosticar la sudoración excesiva como se puede visualizar en la Tabla 1.1 [29].

El tratamiento para abordar esta enfermedad es de dos maneras tópica y sistemática, estos varían dependiendo del grado de severidad.

- El uso de antitranspirantes para controlar la sudoración, los cuales obstaculizan los conductos sudoríparos.



Figura 1.5: Hiperhidrosis plantar [5].

Tabla 1.1: Pruebas para detectar Hiperhidrosis plantar

Pruebas	Características
Prueba de yodo – almidón	Se debe procurar que la región a explorar se encuentre seca, se procede aplicar una solución de yodo, encima de esta solución se esparce almidón, cualquier parte que produzca un exceso de sudoración se tornará de color azul.
Prueba del papel	Se enfoca en colocar un pedazo de papel especial en la región afectada para absorber el sudor y luego de esto se continua a pesar. Mientras más peso tenga el papel, mayor es la cantidad de sudor que se acumuló.

Fuente: [29, 5]

- Mediante el uso de fármacos, como el glicopirrolato que ayuda en la disminución en la estimulación de las glándulas sudoríparas. Sin embargo, producen efectos secundarios como: boca reseca, mareo y problemas con la micción.

- Iontoforesis es un proceso que utiliza electricidad, para bloquear temporalmente la glándula sudorípara.

Pie de Atleta o Podo-micosis

Es una infección que se produce típicamente en los pies por hongos llamados dermatofitos. Es común ver esta enfermedad en personas que realizan ejercicio o practican algún deporte de una forma continua, pero esto no limita a las demás personas contraer esta patología. Estos son hongos saprofitos cuya alimentación está enfocada en la queratina de la epidermis, que se encuentra en forma abundante en los pies, el área de afectación se puede visualizar en la figura 1.6 [29, 6].



Figura 1.6: Afectación de la podo-micosis [6].

En los pies coexiste una gran serie de diversas bacterias y hongos, este tipo de hongos tiene un crecimiento mayor en lugares oscuros y húmedos, como dentro de un zapato, armarios y alrededor de piscinas [29].

Los factores de riesgo para llegar a adquirir esta patología son:

- Infección previa de pie de atleta.
- Caminar descalzo en balnearios o lugares públicos.
- No mantener los pies limpios y secos
- Calzar zapatos o botas poco ventilados
- Pies sudorosos

- Clima caliente y húmedo
- Desórdenes del sistema inmunológico

Los hongos que llegan a producir de una manera más frecuente esta alteración son:

- *Tricophyton rubrum*, más agresivo.
- *Tricophyton mentagrophytes*, infecciones leves.
- *Epidermophyton floccosum*, varía entre afecciones que pueden ser leves o graves.

La forma de realizar el diagnóstico es mediante la observación y en casos en donde las lesiones son graves, se procede a utilizar un raspado para poder realizar un análisis secuencial y de esta manera identificar el tipo de hongo [29, 6].

Callosidades o Callos

Es el engrosamiento de la piel producida por la repetitiva presión o fricción en el punto donde el callo o callosidad se forma, también es una reacción de protección. Normalmente, las complicaciones son muy raras aparte de la incomodidad [29, 7].

En la figura 1.7 se puede visualizar la callosidad que es una pequeña área sensible de piel engrosada que se ubica en la parte superior o lateral de un dedo del pie. Mientras, que el callo es un área de piel áspera y gruesa que se presenta debido a una presión o irritación en un área de la piel del pie [29, 7].

Los podólogos no recomiendan usar herramientas para cortar los callos porque pueden llegar a causar una infección y debido a que los pies son propensos a sudar esta puede extenderse de una manera rápida [29].

Al no mantener un cuidado sobre esta patología se puede llegar a producir una infección o úlcera en una zona de un callo o callosidad, que probablemente sea necesario tomar antibióticos [7].

Verrugas plantares

Este tipo de patología es confundida con frecuencia con los callos. Sin embargo, son tumores benignos producidos por el virus del papiloma humano conocido como (VPH), virus que se encuentra de forma permanente en nuestra piel [30]. De igual manera que otras verrugas poseen



Figura 1.7: Callosidades y callos [7].

puntos negros y aunque la mayoría no son dañinas pueden llegar a presentar un fuerte dolor [29, 31]. En la figura 1.8 se puede observar la forma en la que se presentan este tipo de verrugas.



Figura 1.8: Forma de presentación de verruga plantar [8].

Las causas más normales de contagio de verrugas se deben a caminar descalzo en superficies contaminadas e insalubres. De la misma forma al ya poseer esta patología no se debe tocar o rascar porque se puede ocasionar que el virus se expanda por el área afectada [29, 31].

Enfermedades en las uñas de los pies

Las uñas presentan una diversidad de cambios en su color, forma o textura, los cuales son indicativos de diferentes enfermedades. Las patologías producidas en las uñas proporcionan información sutil para el diagnóstico de otros padecimientos cutáneos o incluso en ciertos casos llegan a ser alteraciones sistémicas graves. Las causas más frecuentes de problemas son onicomicosis y la psoriasis [29, 32].

Onicomycosis

Es una infección producida en las uñas por tres diferentes tipos de hongos: dermatofitos, levaduras y mohos no dermatofitos. Para proceder a un tratamiento es necesario obtener un diagnóstico microbiológico, debido a que puede variar la función que genera el agente etiológico y el tipo de lesión ungueal [29, 9]. En la Figura 1.9 se puede observar la presentación de la patología mencionada.



Figura 1.9: Uña con Onicomycosis [9].

El tratamiento que se procede a utilizar para las uñas afectadas es realizar un limado mediante el uso de un micro motor con fresas para disminuir el tamaño y grosor de esta. Además, dependiendo del hongo que afecto la uña se procede a enviar diferentes tipos de fármacos o lacas como se visualiza en la Tabla 1.2.

Uña encarnada o uñero

Es conocido como la inflamación producida cuando uno o ambos bordes de la uña se entierra en la piel del dedo. Normalmente, esta condición suele ocurrir de una manera más habitual en el lado de afuera del dedo grande de los pies, donde el dedo grande se junta al segundo dedo como se puede visualizar en la Figura 1.10 [29, 33].

Las causas más frecuentes por las que se producen las uñas encarnadas son por un mal cortado de uñas, calzado inadecuado (muy grande o pequeño), entre otras como:

- Pérdida del eje de la uña, provocado por un trauma como golpe o caída de un objeto pesado.
- Fuerte infección en la uña.
- Por la forma del dedo.

Tabla 1.2: Afecciones producidas por hongos en la onicomicosis

Hongos	Efectos	Tratamiento
Dermatofitos	Los hongos se introducen en la uña, mediante pequeñas erosiones sin producir paroniquia. Las uñas afectadas empiezan a cambiar de color, las cuales pueden llegar a partirse y engrosarse o abombarse.	Se procede a utilizar tratamiento tópico y en la mayoría de los casos tratamiento con medicación vía oral prolongado.
Levaduras	Afectan comúnmente a las uñas de la mano, generando un dolor, enrojecimiento, tumefacción y en algunos casos supuración por la zona de la matriz de la uña.	Se utilizan lacas que contengan amorolfina o ciclopirox olamina para obtener una curación completa.
Mohos no dermatofitos	Son producidos por hongos conocidos como saprofitos ambientales. Las lesiones ocasionadas por estos hongos generan un aspecto indistinguible de las producidas por dermatofitos.	En este caso de afección se debe tener previo un diagnóstico mediante cultivos para conocer más a profundidad el hongo y de esta manera se recetarán fármacos de vía oral o lacas.

Fuente: [29, 9]



Figura 1.10: Uña encarnada [10].

El tratamiento depende de la gravedad en la que se encuentre el uñero y si es una condición que ya se presente varias veces o sea primera vez que sucede. Durante el proceso de curación el paciente debe evitar usar calzado que sea apretado o tacos [29, 10].

1.2.2. Dispositivos usados por los podólogos.

La podología es la ciencia de la salud destinada al estudio de las enfermedades y trastornos que afectan a los pies. Además, abarca el diagnóstico y tratamiento de las afecciones y deformidades que presentan los pies mediante técnicas especializadas en su campo. Sin embargo, para poder realizar un procedimiento exitoso los podólogos cuentan con herramientas adecuadas para no producir ningún daño al paciente [34].



Figura 1.11: Micro motor podológico [11].

Los podólogos usan diversos instrumentos para realizar procesos, entre los más comunes es el micro motor como se puede ver en la Figura 1.11, debido a la rápida rotación y su pequeño tamaño permite realizar diferentes acciones, como pulidos o perforaciones en superficies [35].

El micromotor en el área de la podología es utilizado para dos formas dependiendo la herramienta colocada y la sección del pie a tratar como se puede observar a continuación:

Micromotor con fresas:

Normalmente utilizado para realizar un limado enfocado en las uñas, tiene una forma alargada parecida a la de un lápiz como se puede visualizar en la Figura 1.12. Además, al utilizar la fresa se genera un desperdicio contaminante conocido como polvo ungueal que queda expuesto en el aire.

Micro motor con mandril:

Es utilizado para realizar un desbaste de callosidades en la parte de la planta y talón del pie, tiene una forma circular como se puede ver en la Figura 1.13. Además, al utilizar el mandril se



Figura 1.12: Micromotor con fresa.

genera un desperdicio contaminante conocido como partículas cutáneas que queda expuesto en el aire.



Figura 1.13: Micromotor con mandril.

1.2.3. Características físicas del polvo ungueal y partículas cutáneas

Tabla 1.3: Características físicas del polvo ungueal

Características físicas	
Textura	Generalmente fino y seco al tacto.
Color	Varía entre blanco o amarillo.
Olor	Ligeramente desagradable debido a la presencia de bacterias y hongos.
Densidad	1250 kg/m ³
Tamaño	El tamaño llega a variar entre 1 a 2 micras.

Fuente: [29, 10]

1.2.4. Tecnologías utilizadas en la extracción de polvo y partículas.

Los podólogos pasan una gran parte de su día utilizando taladros o micromotores con fresas para de esta manera lograr reducir el grosor de las uñas y suavizar los callos de los pies. Al momento de realizar esta actividad se genera una gran cantidad de polvo tanto del limado de uñas como de los callos. El tamaño del polvo producido llega a ser lo suficientemente pequeño para ser respirado y depositarse en las regiones más profundas del tracto respiratorio, lo que conlleva a problemas de salud.

El polvo de pies y uñas a frecuentemente contiene hongos. Los profesionales usan métodos de prevención máscaras quirúrgicas; sin embargo, no cuentan con un sistema de extracción especializado para disminuir la cantidad de polvo que queda libre en el ambiente [24]. Adicionalmente, la inhalación de este polvo produce, en los médicos, reacciones alérgicas al polvo de uñas [36].

Para la disminución de estos problemas, una solución al sistema de extracción de polvo ungueal y partículas cutáneas, realizado bajo parámetros establecidos con base a las propiedades físicas de los polvos.

Tipos de sistemas de extracción.

Sistemas de extracción portátiles.

Es un equipo compacto y fácil de movilizar. Normalmente se utiliza para aspirar polvo fino, virutas de aluminio, humos y vapores dentro de un área de trabajo pequeño, en la figura 1.14 se puede visualizar la forma de este tipo de extractor [37].



Figura 1.14: Sistema de extracción portátil [12].

Sistemas de extracción por grupos.

Es un equipo utilizado para la succión de aire o gases contaminantes de diferentes fuentes de emisión que provengan de un solo sistema. De esta manera, se puede optimizar el tiempo de aspiración, debido a que no será necesario estar moviendo la máquina de un lugar a otro. Habitualmente, se utiliza en industrias de fabricación de productos químicos. En la siguiente figura 1.15, se puede observar la forma del sistema de extracción [13].

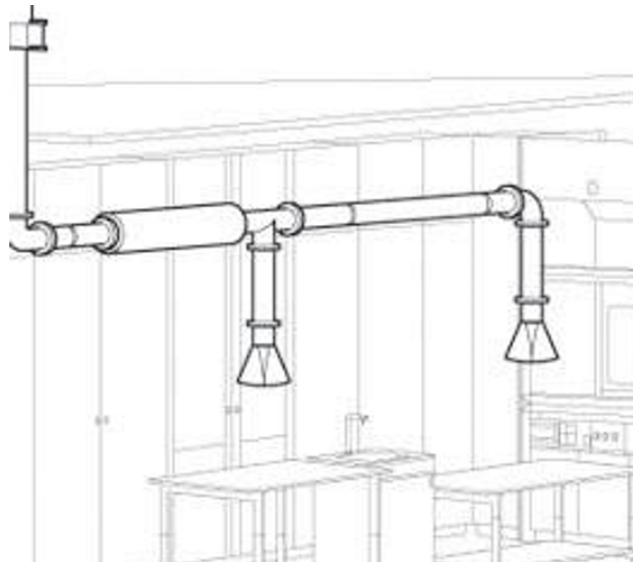


Figura 1.15: Sistema de extracción doble [13].

Sistema de extracción localizada.

El sistema de ventilación localizada se enfoca en capturar y eliminar el aire nocivo en un área específica, evitando de esta manera que se expanda y contamine el ambiente de trabajo. Habitualmente este tipo de sistema es utilizado en industrias farmacéuticas y de manufactura [38, 39, 23].

Esta compuesto por cuatro elementos principales como se puede observar en la figura 1.16:

- *Campana:* lugar por el cual son captados los aires nocivos.
- *Conducto:* sección por la cual circula el aire contaminado hasta el ventilador.
- *Depurador:* sistema que procede a realizar un tratamiento al aire contaminado.
- *Ventilador:* mecanismo que suministra la energía que permite la circulación del aire a través de la campana, conducto y depurador por medio de un caudal establecido.

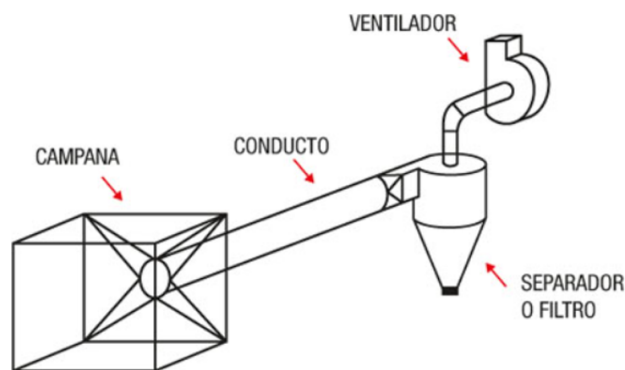


Figura 1.16: Elementos de un sistema de extracción localizada [14].

Se debe considerar ciertos parámetros para la instalación de un sistema de extracción localizada como; determinar un diseño previo con un listado de las características de funcionamiento, las cuales van a permitir encontrar datos como la velocidad requerida para arrastrar el aire contaminado y poder escoger de una mejor manera el ventilador que proporcione el caudal necesario para el funcionamiento del sistema [39].

La eficacia de este tipo de sistemas recae principalmente en las corrientes de aire que se alcanzan a generar en los puntos en donde se produce el contaminante. Para poder obtener un mejor sistema se debe considerar principios de diseño como: crear una velocidad de captación y transporte adecuados, utilizar movimientos naturales del contaminante, compensar las salidas de aire, repartir de una manera uniforme la velocidad de aire que se produce en la zona de captación, diseñar de una forma adecuada los tubos y codos a utilizar y no recircular el aire contaminado [28, 39, 14].

1.2.5. Componentes de un sistema de extracción localizada

Campana de extracción de aire.

Las campanas o también conocidas como colectores son sistemas de extracción localizada con un diseño definido para captar y eliminar los diferentes contaminantes que se difunden en un ambiente de trabajo. Este elemento es la parte más importante al momento de realizar la instalación, dado que al tener una mala concepción del dispositivo puede producir un mal funcionamiento del sistema al no captar de forma correcta los contaminantes [40, 15, 41, 42].

Tipos de campanas

Las campanas varían su forma de construcción dependiendo de las configuraciones del sistema y las necesidades requeridas. En la figura 1.17 se puede observar los tipos más comunes de campanas [40, 15].

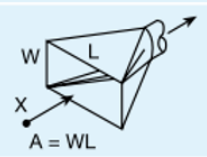
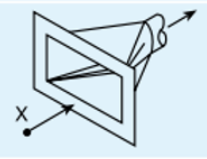
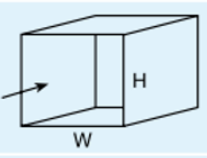
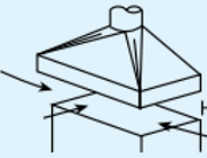
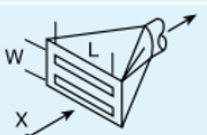
Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ P = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 ó más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

Figura 1.17: Tipos de campanas [15].

Campana simple: suelen tener forma piramidal o cónica, se instalan por la parte superior de la fuente emisora del polvo como se puede ver en la figura 1.18 [43, 16].

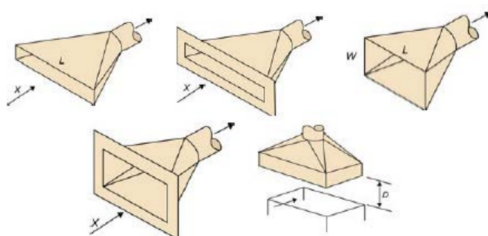


Figura 1.18: Campanas simples [16].

Cabina: son campanas que encierran total o parcialmente la generación de vapores inflamables, corrosivos, carcinogénicos y otros tipos de contaminantes químicos. Normalmente, son

utilizadas en laboratorios y cocinas. Adicionalmente, están constituidas con paneles laterales y una parte frontal con una abertura mediante la cual se captura el material contaminante como se puede visualizar en la figura 1.19. Además, este tipo de estructura ayuda a dirigir de una forma más eficiente el flujo de aire directo a los filtros y ventiladores [40, 43, 16].

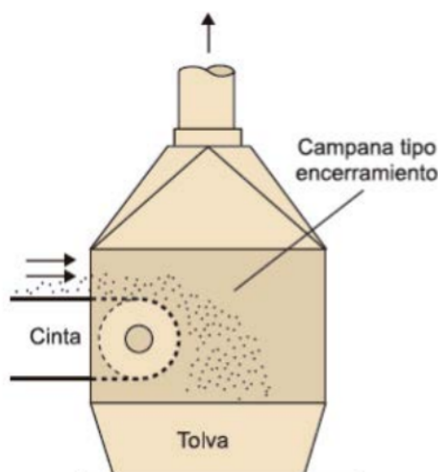


Figura 1.19: Extractor en forma de cabina [16].

Campana elevada: son colocadas por encima de la fuente emisora del contaminante. Conjuntamente, se debe verificar que la altura sea superior a la del operario para evitar accidentes como golpes en la cabeza y de la misma forma mantener una distancia correcta para tener una buena extracción del elemento contaminante como se puede observar en la figura 1.20 [18].

Rendija múltiple: son conocidas por tener más de una abertura para la captación del contaminante y además pueden ser laterales o suspendidas. Adicionalmente, al tener más aberturas permite tener una mejor captación con un a mejor eficacia [16, 18].

Captadores de polvo.

Estos tipos de dispositivos se utilizan en los procesos a nivel industrial enfocados en extraer y filtrar elementos contaminados como: aire, partículas de polvo y humo. Adicionalmente, proporcionan una protección a la salud de los trabajadores.

Cámaras de sedimentación

Este tipo de captador de polvo se caracteriza por emplear la fuerza de gravedad para de esta manera separar el polvo mediante una corriente gaseosa, reduciendo su velocidad como

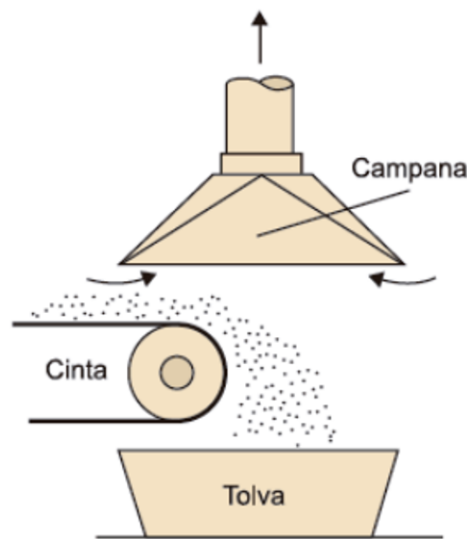


Figura 1.20: Campana de tipo elevada [16].

se puede visualizar en la figura 1.21. Adicionalmente, son utilizados para extraer polvo de un tamaño grueso [18, 17].

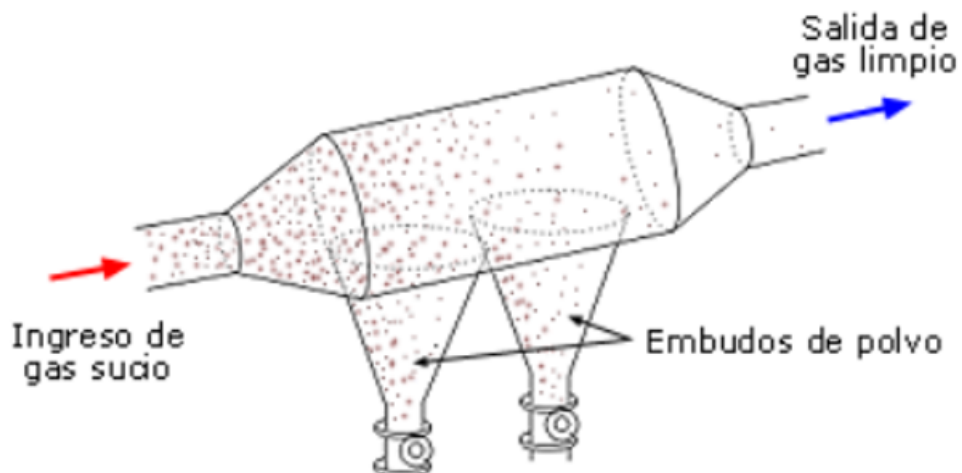


Figura 1.21: Mecanismo de operación de una cámara de sedimentación [17].

Ciclón

El sistema de ciclón se emplea particularmente en la extracción de partículas que se encuentran suspendidas en el aire como se puede observar en la figura 1.22, posee ventajas como: sencillez de fabricación, fácil mantenimiento y una elevada eficiencia [28, 18].

El funcionamiento consiste en que al momento que las partículas de aire entran en el ciclón siguen el movimiento giratorio y son trasferidas lentamente hacia las paredes externas, para finalmente caer al fondo de cono en parte por la fuerza de gravedad y la fuerza ejercida por la corriente de arrastre [28, 18].

Los ciclones llegan a obtener eficiencias mayores que las cámaras de sedimentación gravitacional, pero eficiencias menores que los filtros en forma de bolsas de tela y precipitaderos electrostáticos. Sin embargo, los ciclones de alto rendimiento llegan a remover partículas de 5 μm con eficiencias hasta del 90 %, pudiendo alcanzar mayores eficiencias con partículas más grandes [44].

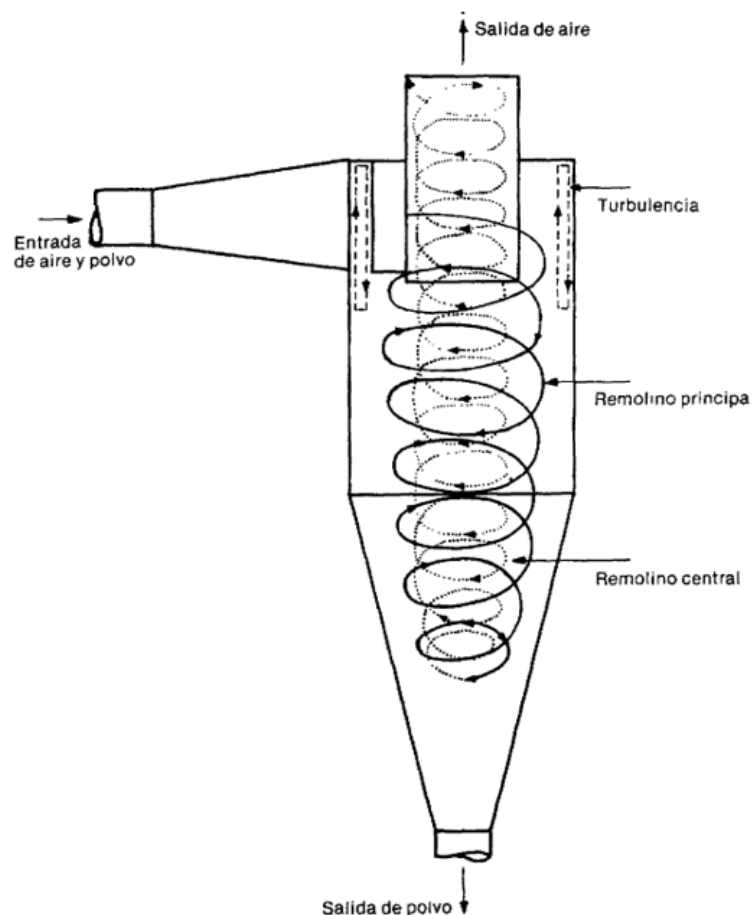


Figura 1.22: Mecanismo de operación de una cámara de modo ciclón [18].

Filtros de tela

Es este tipo de sistema se utiliza un filtro conformado por tela, por el cual, las partículas al

tratar de pasar por medio de este quedan adheridas al material debido a la fuerza inercial que depositan los hilos. Además, la capacidad de adherencia de la tela aumenta cuando el tejido es más compacto. Sin embargo. En la figura 1.23 se puede observar que el filtro de tela no llega a una eficacia del 100 % a menos que se encuentren diseñados con un dimensionamiento correcto, en este caso llegan a tener una eficacia del 99 % [28, 18].

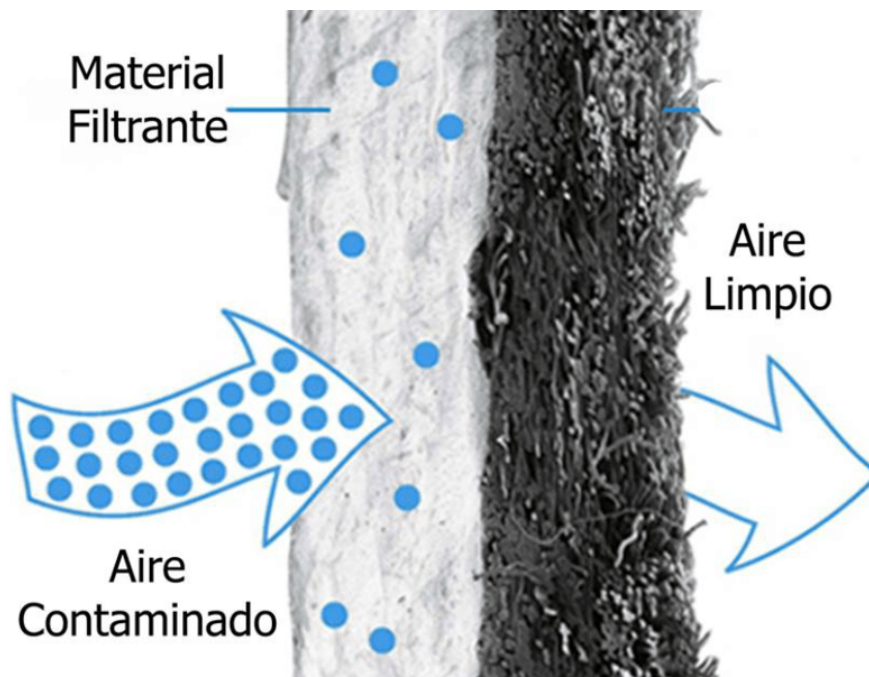


Figura 1.23: Filtros de tela [19].

El tamaño para dimensionar los filtros de tela depende de diferentes factores como:

- Características del polvo.
- Mecanismo de limpieza.
- Temperatura y humedad del aire.
- Tipo de acabado superficial de la tela.
- Modelo de circulación del aire en el interior del sistema.

No obstante, debido a la gran variedad de variables y dimensionamiento de un filtro se debe basar en la experiencia del fabricante. Asimismo, al momento de realizar el dimensionamiento se debe expresar entre la relación del caudal a filtrar y la superficie filtrante como se puede

observar en la figura 1.23. Además, este método de captación de polvo es recomendado especialmente para material fino, porque puede llegar a remover partículas de 0.5 micras y en el mayor de los casos hasta de 0,01 micras [28, 18].

Tabla 1.4: Resumen de los filtros de tela y sus características

Parámetro	Operación Discontinua (Concentración bajas y medias)	Operación Discontinua (Concentraciones altas)	Operación Continua (Cualquier concentración)
Requerimientos de limpieza de la tela	Intermitente		Continuo
Tipo de limpieza	Vibrador	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vibrador. ■ Aire inverso (baja presión). ■ Inverso pulsante (alta presión) aire comprimido o extractor. 	
Configuración del depurador	Un compartimiento	Múltiples compartimientos con válvulas en la entrada o la salida de cada uno	Un comportamiento
Configuración del medio filtrante	Mangas o bolsas	Mangas o bolsas	Mangas o bolsas - Plegado en cartucho
Tipo de tela	Tejido	Tejido	Fieltro (lamina de papel)
Caudal de aire	Muy variable	Ligeramente variable	Prácticamente constante
Rango del caudal específico de filtrado (velocidad de filtración, m/s)	0,005 a 0,030	0,005 a 0,015	0,025 a 0,060

Fuente: [29, 9]

1.2.6. Ventiladores.

Los ventiladores son conocidos como máquinas rotatorias capaces de mover una cantidad de masa de aire, están conformados por un rodete de aspas que giran para producir una diferencia de presiones. De la misma forma, proporciona la energía necesaria para que el contaminante

circule por la campana, conductos y depurador previamente seleccionados, sin olvidar tener en consideración la pérdida de carga en todo el sistema [28, 15, 18].

Ventiladores axiales.

Se encuentran compuesto básicamente de un rotor y dos o más paletas unidas a un eje propulsor que van a tener movimiento mediante un motor como se puede ver en la figura 1.24. De la misma manera se encuentran diseñados de forma que el aire obtiene un movimiento de remolino que siga la dirección del eje del rotor, de una forma en la que se encuentre alineada la entrada y salida de la mezcla de aire – polvo. De igual modo, en este tipo de ventiladores el sentido del flujo se invierte al cambiar de sentido el giro del rotor [28, 15, 18].



Figura 1.24: Ventilador de tipo axial [20].

Debido a sus diferentes funcionalidades existen 3 tipos de ventiladores axiales:

- *Ventilador axial de propela, hélice o aspa:* es utilizado para manejar grandes cantidades de aire contra bajas presiones, la composición de este es simple, debido a esto lo convierte en un diseño económico en comparación con los demás [28, 41].
- *Ventilador tubular:* este tipo de ventilador maneja aire en un rango extenso contra presiones medias. Además, disponen de hélices de álabes estrechos de sección constante para vencer la resistencia de menos de 50 mm de H₂O [28, 43].
- *Ventilador turbo axial:* en este ventilador las hélices son de álabes con un perfil aerodinámico, lo que proporciona un rendimiento superior y llegar a desarrollar presiones que superen los 600 mm de H₂O [28].

Ventiladores centrífugos.

Los ventiladores centrífugos obtienen su nombre debido a la forma por la cual transmiten la energía al fluido por medio del ventilador, como se puede visualizar en la figura 1.25. Están conformados por una turbina con un número de aletas montadas alrededor de la manzana [28, 16].

El funcionamiento de este ventilador es mediante la entrada del aire a través de una abertura concéntrica referente al eje. El aire tiene que circular por los álabes hacia el exterior por la fuerza centrífuga y abandona el rotor con una velocidad superior que con la que entro en el sistema como se puede ver en la figura 1.25 [28, 43, 16].



Figura 1.25: Ventilador centrífugo [21].

Existen diferentes diseños de ventiladores centrífugos. Estos se basan en el diseño de las aletas que proporcionan características de velocidad como:

- Aletas hacia adelante son apropiados para bajas velocidades y las aletas para atrás son para velocidades mayores [18].
- Aletas curvas hacia atrás consumen una menor potencia y son utilizados mayormente para el movimiento de gases, vapores, neblinas y rocío[43].

Capítulo II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque y tipo de investigación

El desarrollo del presente trabajo de titulación se fundamenta en una investigación aplicada, ya que busca los mecanismos pertinentes para el desarrollo de la solución, basados en estrategias dentro del campo de la ingeniería usados para garantizar la funcionalidad del dispositivo. Abarca también, el tipo de investigación de campo debido a que se recopilan datos en un centro especializado en la podología. Asimismo, se lleva a cabo una investigación documental por la selección y recopilación de las características del material a aspirar, mediante la lectura de libros, artículos científicos y trabajos de investigación que contengan información relacionada con el tema de estudio. Finalmente, se considera una investigación experimental, debido que se requiere realizar pruebas de funcionamiento que permita validar las especificaciones del sistema diseñado [45].

2.2. Diseño de la investigación

En este capítulo se da a conocer las etapas para la selección y desarrollo de la investigación tales como antecedentes, diseño mecánico, diseño eléctrico, cálculos, selección de materiales y finalmente las pruebas respectivas para garantizar la construcción del aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas para un centro podológico.

Fase 1: Definición de las características para la aspiración del polvo ungueal y partícu-

las cutáneas.

En esta fase se obtienen las características necesarias para el proceso de aspiración. Del mismo modo, se determinan las partes principales que se debe adquirir en el proceso de diseño.

Actividad 1: “*Obtención de las propiedades físicas del polvo ungueal*”; se procede a realizar una investigación y revisión de fuentes bibliográficas, antecedentes de proyectos similares y repositorios médicos relacionadas con la caracterización del polvo ungueal. Posteriormente, se procederá a listar las características físicas del polvo ungueal y partículas cutáneas.

Fase 2: Construcción del aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas.

En esta parte se realiza el diseño y construcción del aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas, comenzando con la obtención de cálculos, bosquejo, diseño mecánico, simulación de caudal y planos.

Actividad 1: “*Elaboración de un instrumento (Entrevista) dirigido a los podólogos del centro de podología clínica PIE SALUD en la ciudad de Quito*”; las entrevistas serán dirigidas a los podólogos usuarios del sistema requerido. Esto con el propósito de determinar las especificaciones del sistema a diseñar, que servirán de base para realizar el prototipo.

Actividad 2: “*Realización del análisis QFD*”; mediante los datos obtenidos de la encuesta se procede a realizar la casa de calidad; ya que se obtendrá la ponderación de los criterios como base del sistema a diseñar.

Actividad 3: “*Especificaciones y normativas de diseño*”; se procederá a obtener las normas, tanto nacionales como internacionales, que rijan los procedimientos para la realización de aspiradoras de polvo ungueal.

Actividad 4: “*Bosquejo del diseño*”; mediante la creatividad del diseñador se proponen diversas soluciones con el objetivo de solucionar el problema establecido, con base a las especificaciones obtenidas. Seguidamente, se seleccionará la mejor solución, a través de la tabla de ponderación de criterios y restricciones y/o tabla morfológica.

Actividad 5: “*Cálculos del diseño*”; en esta sección se procede a realizar los cálculos ingenieriles pertinentes con base a lo especificado en las normas. Adicionalmente, se podrá usar un

software de diseño mecánico.

Actividad 6: “*Simulación del caudal*”; usando un software que permita realizar simulaciones de flujo o caudal, se procede a realizar las simulaciones enfocadas en el caudal de aspiración del polvo ungueal y partículas cutáneas.

Actividad 7: “*Selección de la aspiradora*”; mediante una investigación se procede a ver diferentes opciones de aspiradoras y sus características para seleccionar la que mejor se adecue a lo requerimientos de la fabricación.

Actividad 8: “*Elaboración de planos*”; se realizan los planos de las partes de acuerdo con las normas de dibujo.

Actividad 9: “*Fabricación del prototipo*”; Finalmente, para realizar la validación del diseño, se procederá a fabricar un prototipo para verificar su funcionalidad.

Fase 3. Validación experimental de la máquina.

En la etapa final se procede a realizar las pruebas pertinentes en el “Centro de podología clínica PIE SALUD”.

Actividad 1: “*Realización de pruebas del aspirador de polvo ungueal y partículas cutáneas*”; se realiza el funcionamiento de la máquina con los pacientes, para verificar que cumple con los requerimientos planteados anteriormente.

Actividad 2: “*Corrección de fallas*”; en esta actividad se obtienen los datos finales mediante las pruebas realizadas para efectuar las correcciones finales del funcionamiento del aspirador.

Actividad 3: “*Elaboración de un análisis de costos y gastos*”; con la sugerencia de personal adecuado se procede el análisis de costos y gastos para obtener el precio de venta de la máquina, y su vez determinar su rentabilidad para la comercialización.

Capítulo III

RESULTADOS y ANÁLISIS

En este capítulo se procede a obtener y definir las diferentes condiciones de funcionamiento de la solución. Adicionalmente, se genera las diferentes alternativas para el diseño del sistema de extracción de polvo ungueal y partículas cutáneas para un centro de podología. De esta manera, se describen los parámetros y requerimientos necesarios para obtener los elementos a usar en el sistema de extracción, para de esta manera, definir las características más eficaces para su construcción.

3.1. Obtención de propiedades físicas del polvo ungueal

A través de la lectura de diferentes artículos y revistas médicas asociadas a la podología, se logró definir las propiedades principales del polvo de ungueal. El material en cuestión presenta una textura generalmente fina y seca al tacto. Su color varía entre blanco o amarillo, lo que podría indicar la presencia de diferentes impurezas. Además, el olor es ligeramente desagradable, de cierta forma se puede atribuirse a la presencia de bacterias y hongos, lo que indica una posible contaminación microbiológica. En cuanto a su densidad, se registra un valor de 1250 kg/m^3 , lo que sugiere una sustancia relativamente compacta y un poco densa. Por último, su tamaño varía de 1 a 2 micras, lo que indica una escala microscópica y la posibilidad de contener partículas pequeñas o microorganismos.

3.2. Especificaciones del sistema a diseñar (características esperadas y restricciones)

Para la elaboración de este capítulo, se comenzará hablando de las especificaciones necesarias del prototipo con el objetivo de construir un dispositivo capaz de succionar el polvo ungueal y partículas cutáneas. De la misma forma, se exponen las alternativas de solución, y para seleccionar la mejor propuesta se usa un enfoque basado en las especificaciones y criterios establecidos.

Adicionalmente, se procede a utilizar un análisis sobre los componentes que integran la mejor alternativa de solución en la cual se describe cada uno de los elementos necesarios para su construcción. De igual manera, se elabora el diseño de la estructura del dispositivo con la selección de los elementos electrónicos. Finalmente, se exponen los resultados obtenidos. A continuación, se presentan las características y restricciones por medio de un estudio cualitativo, obtenido por medio de una entrevista.

Funcionamiento: el dispositivo debe disminuir la cantidad de polvo ungueal y partículas cutáneas producidas por el uso del micromotor con fresas.

Mantenimiento del equipo: los materiales electrónicos deben tener una forma sencilla de ser desmontables y además de preferencia se deben localizar en el mercado nacional.

Seguridad: el dispositivo debe tener una forma circular, sin filos cortantes. De la misma manera, debe encontrarse con materiales aislantes para evitar posibles descargas eléctricas al podólogo al momento de utilizar.

Ergonomía: se debe considerar un diseño orientado en la movilidad del podólogo para evitar generar posiciones incómodas al momento de utilizar.

Portátil: el material de fabricación del dispositivo debe ser ligero para poder transportarlo de un consultorio a otro.

Sencillo: el dispositivo debe contener una forma fácil de uso al momento de encender y cambiar las velocidades.

3.2.1. Casa de calidad - QFD

En el anexo 4.2 se puede observar el QFD obtenido sobre la propuesta del aspirador de partículas cutáneas y polvo ungueal con el nombre (Vacuum Feet), en donde se observa los deseos del cliente contra las características del producto, para de esta manera encontrar las necesidades a solucionar de los podólogos.

A través del análisis de la importancia técnica relativa, obtenida mediante la aplicación de la metodología de Despliegue de la Función de la Calidad (QFD), se logra vislumbrar las condiciones primordiales para el diseño del aspirador. En este contexto, destacan los siguientes aspectos: el tipo de ventilador empleado, el diseño específico de la campana y la selección adecuada de los tipos de filtro a implementar.

Sin embargo, la competencia produce micromotores que contienen la función de aspirar el polvo al momento de pulir callos y uñas. A través del análisis de la casa de calidad (QFD), se logra concluir que el dispositivo Vacuum Feet cumple con las necesidades proporcionadas por el podólogo.

3.2.2. Desglose de funciones

En el proceso de diseño de un aspirador, se aborda la función global de limpiar superficies mediante un enfoque detallado que implica aspirar partículas de polvo que se encuentran en el aire. Para lograr esta tarea, se desglosa en varias subfunciones específicas.

La primera subfunción se centra en generar la succión necesaria para aspirar las partículas, lo cual implica el diseño del tipo de ventilador que puede ser entre un axial o centrífugo, para generar un flujo de aire adecuado.

La segunda subfunción se enfoca en capturar y retener las partículas aspiradas, lo cual implica diseñar una campana para dirigir el flujo de aire hacia el filtro y seleccionar el tipo de filtro adecuado para retener las partículas de suciedad.

3.2.3. Matriz morfológica

En la figura 3.1 se puede observar las propuestas generadas mediante el desglose de funciones del punto 3.2.2.






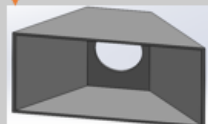





Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	
Ventilador			
Aspirar			
Campana			
Filtro			

Figura 3.1: Matriz morfológicas de alternativas de diseño.

3.3. Alternativas de solución

Para el diseño del prototipo, se emplea como base una patente de un aspirador de polvo destinado a centros de belleza.

Se realizan las adecuaciones necesarias para adaptarlo al polvo ungueal producido durante el tratamiento de patologías del pie (Logachev, 2020).

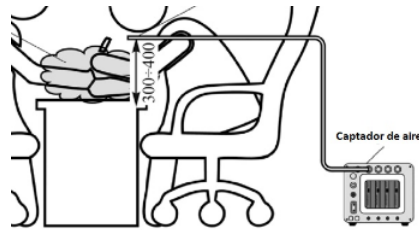


Figura 3.2: Diagrama de la fuente de liberación de polvo y las ubicaciones de muestreo [1].

3.3.1. Alternativa 1

En este diseño se propone el uso de un ventilador de tipo axial para generar la presión requerida para la absorción del polvo ungueal y partículas cutáneas como se menciona en el punto 1.2.6.

En la Tabla 3.1 se presenta ventajas y desventajas:

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas del uso de un ventilador axial

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Diseño compacto y ligero.	Menor potencia de succión.
Costo más bajo.	Menor capacidad para manejar partículas gruesas y pesadas.
Menor consumo de energía.	Menor rendimiento en entornos industriales con suciedad pesada.
Funcionamiento silencioso.	Mayor posibilidad de obstrucción debido a partículas grandes.
Fácil mantenimiento y limpieza.	Mayor sensibilidad a la ubicación y dirección del flujo de aire.
Adecuados para aplicaciones residenciales o comerciales ligeras.	Menor durabilidad.

Fuente: [20]

3.3.2. Alternativa 2

En este diseño se propone el uso de un ventilador centrífugo o también conocidos como compresores para generar la fuerza de succión del polvo ungueal y partículas cutáneas como se menciona en el punto 1.2.6.

En la Tabla 3.2 se presenta ventajas y desventajas:

Tabla 3.2: Ventajas y desventajas del uso de un ventilador centrifugo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor potencia de succión.	Mayor complejidad de diseño y fabricación
Capacidad para manejar partículas gruesas y finas.	Mayor costo en comparación a otros ventiladores.
Mejor rendimiento en entorno industriales.	Genera más ruido debido a la velocidad del ventilador.
Diseño robusto y duradero.	Requiere mantenimiento periódico para un rendimiento óptimo.
Posibilidad de trabajar con sistemas de aspiración centralizados.	Tamaño y peso más grandes.
Mayor vida útil.	Requiere mayor cantidad de energía para su funcionamiento.

Fuente: [17]

3.4. Selección de la mejor alternativa mediante el uso de ponderación de criterios.

Tabla 3.3: Tabla de ponderación de criterios.

Criterio	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2
Funcionalidad	0,2	8	9
Mantenimiento	0,15	8	8
Seguridad	0,15	8	8
Ergonomía	0,1	6	7
Portabilidad	0,1	9	6
Bajo costo	0,2	9	7

$$\text{Alternativa 1} = (8 \cdot 0,2) + (8 \cdot 0,15) + (8 \cdot 0,15) + (6 \cdot 0,1) + (9 \cdot 0,1) + (9 \cdot 0,2) + (7 \cdot 0,1)$$

$$\text{Alternativa 1} = 1,6 + 1,2 + 1,2 + 0,6 + 0,9 + 1,8 + 0,7$$

$$\text{Alternativa 1} = 8$$

$$\text{alternativa 2} = (9 \cdot 0,2) + (8 \cdot 0,15) + (8 \cdot 0,15) + (7 \cdot 0,1) + (6 \cdot 0,1) + (7 \cdot 0,2) + (7 \cdot 0,1)$$

$$\text{alternativa 2} = 1,8 + 1,2 + 1,2 + 0,7 + 0,6 + 1,4 + 0,7$$

$$\text{alternativa 2} = 7,6$$

En base a los datos obtenidos por el método de ponderación de criterios se obtuvieron los siguientes datos: para la alternativa 1 un valor de 8, mientras que la alternativa 2 con un valor de 7.6 en base a los criterios establecidos con anterioridad. Finalmente, se obtuvo que la mejor alternativa de fabricación es la número 1 la cual está enfocada en el uso de ventiladores axiales.

3.5. Cálculos del equipo de extracción

3.5.1. Velocidad de captación

El lugar de extracción se encuentra dentro de un lugar cerrado, donde no existe corrientes de aire extremadamente fuertes, pero sí se produce un desprendimiento a alta velocidad debido a un sistema de pulido. Por esta razón, se procede a utilizar el valor de velocidad de 2.5 m/s, como se puede observar en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Velocidad de captación por campana

Velocidades de captación por campana			Velocidad de captación en m/s
Características de la fuente de contaminación	Ejemplos		
Únicamente gases y vapores	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto	Cocinas, Evaporación en tanques, Desengrasado	0,25 – 0,5
Únicamente gases y vapores	Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo	Soldadura, Decapado, Talleres galvanotecnia	0,5 – 1
Únicamente gases y vapores	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire	Cabinas de pintura	1 – 2,5
Con partículas sólidas en suspensión	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire	Trituradoras	1 – 2.6
Con partículas sólidas en suspensión	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire	Pulido, operaciones de abrasión en general, esmerilado, rectificado, desmolde en fundiciones	2,5 - 10

Fuente: [16]

3.5.2. Diseño de la campana de extracción

La principal función que contiene la campana es captar la mezcla generada al momento de realizar el tratamiento adecuado para el cuidado de pies en un centro podológico, en este caso es la mezcla de polvo ungueal y partículas cutáneas. Para este caso se selecciona el tipo de campana troncocónica y se toma como consideración los siguientes criterios:

- La campana será posicionada a tres distancias diferentes (10, 15 y 20 cm) de la fuente que genera el polvo a aspirar y se someterá a pruebas para determinar la distancia con la mejor eficiencia, como se describe en el punto 3.6.2.
- La inclinación de los lados de la campana debe mantenerse en 40 ± 5 grados, con un valor aproximado de 0.09, y debe tener forma rectangular. Esta configuración garantiza un factor de pérdida menor, como se puede observar en la figura 3.3.

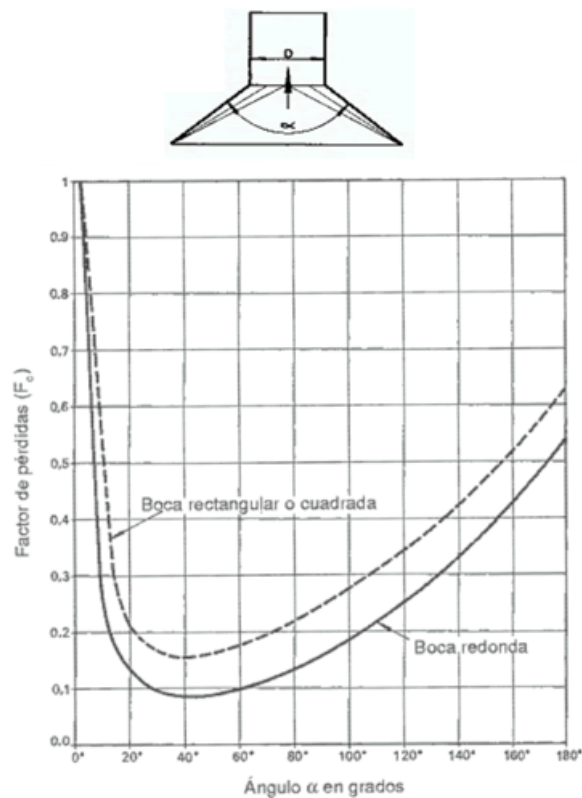


Figura 3.3: Factor de pérdida de campana para entrada redonda o rectangular [22].

En paralelo, se lleva a cabo un esquema preliminar de la campana, tal como se muestra en la figura 3.4. A través de visitas al consultorio, se determina que la longitud de la campana es

de 15 cm y el ancho oscila entre 5, 6 y 7 cm. Estos parámetros se utilizan para llevar a cabo pruebas de eficiencia con el objetivo de identificar la opción óptima que maximice el porcentaje de aspiración.

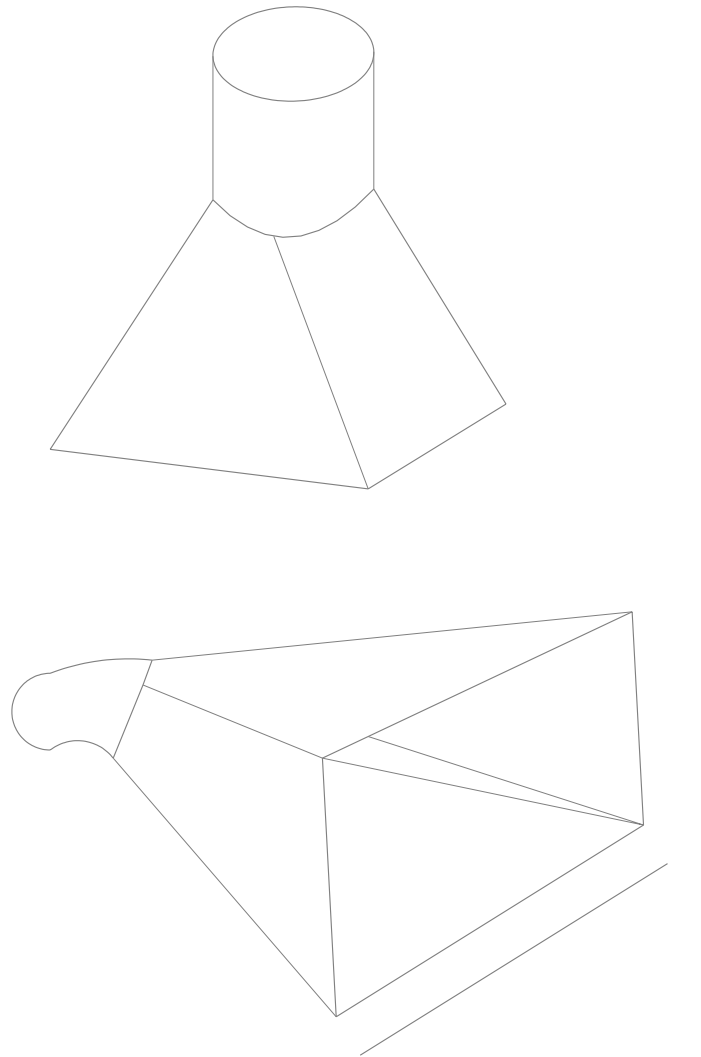


Figura 3.4: Bosquejo de la campana extractora.

3.5.3. Cálculo del caudal

Para encontrar el valor del caudal necesario se aplica la siguiente fórmula 3.1 que es normalmente usada para todo modelo de campana:

$$Q = v * S \quad (3.1)$$

Donde:

- S = área de la campana [m^2].
- v = velocidad de captación [m/s].
- Q = flujo de caudal [m^3/s].

El valor del área de la campana mediante la siguiente formula 3.2.

$$S = A * L \quad (3.2)$$

Donde:

- A = altura de la entrada de la campana [m].
- L = largo de la entrada de la campana [m].

Al reemplazar los valores mencionados con anterioridad obtenemos el siguiente valor, respecto al área de la campana como al valor final del caudal respectivamente.

$$S = 0,0012m^2 \quad (3.3)$$

$$Q = 0,024 \frac{m^3}{s} \quad (3.4)$$

3.5.4. Pérdidas de captación de la campana

Al ejecutar la succión del polvo, se llega a producir pérdidas durante el proceso de aspiración, las cuales son atribuibles a diversos factores. En adición a lo mencionado anteriormente, se utiliza la fórmula 3.5 para calcular el valor aproximado de las pérdidas al succionar el polvo.

$$Pc = \frac{1}{2} * \rho * v^2 \quad (3.5)$$

Donde:

- P_c = es la presión dinámica [Pa].
- v = velocidad [m/s].
- ρ = densidad del aire [kg/m^3].

Para obtener la densidad del aire se procede a utilizar la formula 3.6, la cual fue tomada de [46]

$$\rho = \frac{P}{R * T} \quad (3.6)$$

En donde:

- P = presión [Pa].
- R = constante de los gases [$\text{J}/\text{mol} * \text{K}$].
- T = temperatura [K].
- ρ = densidad del aire [kg/m^3].

$$\rho = 1,204 \text{kg}/\text{m}^3 \quad (3.7)$$

$$P_c = 2,409 \text{Pa} \quad (3.8)$$

3.5.5. Pérdidas de carga en el ducto

A continuación, se procede a utilizar la ecuación de Darcy-Weisbach, referencia 3.9, para calcular las pérdidas de presión debidas a la fricción en el flujo a través de tuberías [46].

$$P_d = \frac{4 * f * L_d * \rho * V^2}{2 * d} \quad (3.9)$$

Donde:

- P_d = pérdida de presión en la tubería [Pa].
- f = rugosidad superficial interior.
- L_d = longitud de la tubería [m].
- ρ = densidad [kg/m^3].

- V = velocidad del aire [m/s].
- d = diámetro de la tubería [m].

Para completar con los datos necesarios de la fórmula, se debe conocer la rugosidad de la tubería. La obtención de esta información involucra realizar una medición manual con la ayuda de un pie de rey digital, y se ha obtenido un valor de 0.3 mm, como se puede observar en la figura 3.5.



Figura 3.5: Medición de rugosidad.

Simultáneamente, con los datos completos, se obtiene el valor de la pérdida en la tubería.

$$Pd = 108,39Pa \quad (3.10)$$

Finalmente, se procede a sumar las pérdidas tanto de la campana como de la tubería para luego utilizar este valor en la selección de la aspiradora a utilizar.

$$P_{totales} = Pc + Pd \quad (3.11)$$

$$P_{totales} = 110,8 Pa \quad (3.12)$$

3.6. Simulación de flujo de caudal

Mediante el uso del software Solid Works, se procede a realizar una simulación de caudal. Previo a ello, es necesario conocer datos específicos como la velocidad, temperatura y fuerza de captación de la aspiradora.

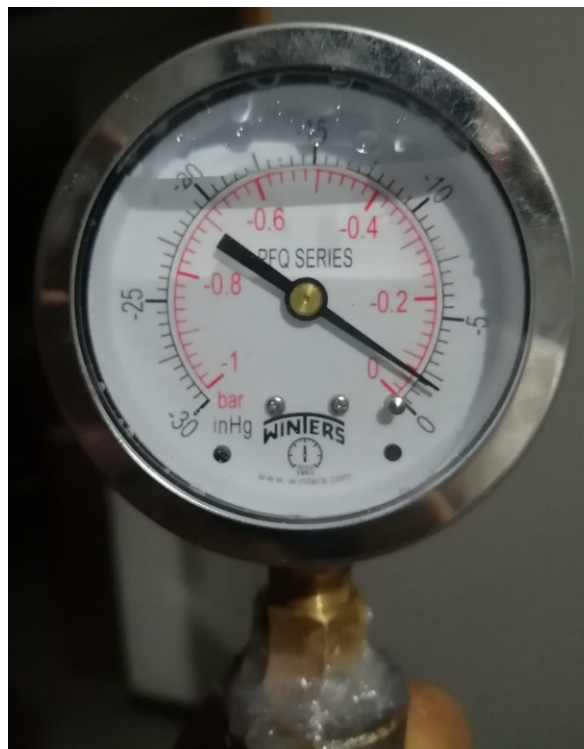


Figura 3.6: Medición de presión con vacuómetro.

Como se puede observar en la figura 3.6, se utilizó un vacuómetro para obtener un valor aproximado 1,5 inHg, el cual se procede a transformar en pascales.

$$1,5 inHg * \frac{3386,38 Pa}{1 inHg} = 5079,57 Pa \quad (3.13)$$

En la figura 3.7, se puede observar la manera en que la campana absorberá el polvo. No obstante, no todas las partículas son absorbidas completamente; como se aprecia, algunas par-

tículas son visibles en la parte exterior de la campana. A pesar de ello, la cantidad de partículas de polvo que escapan no es excesiva.

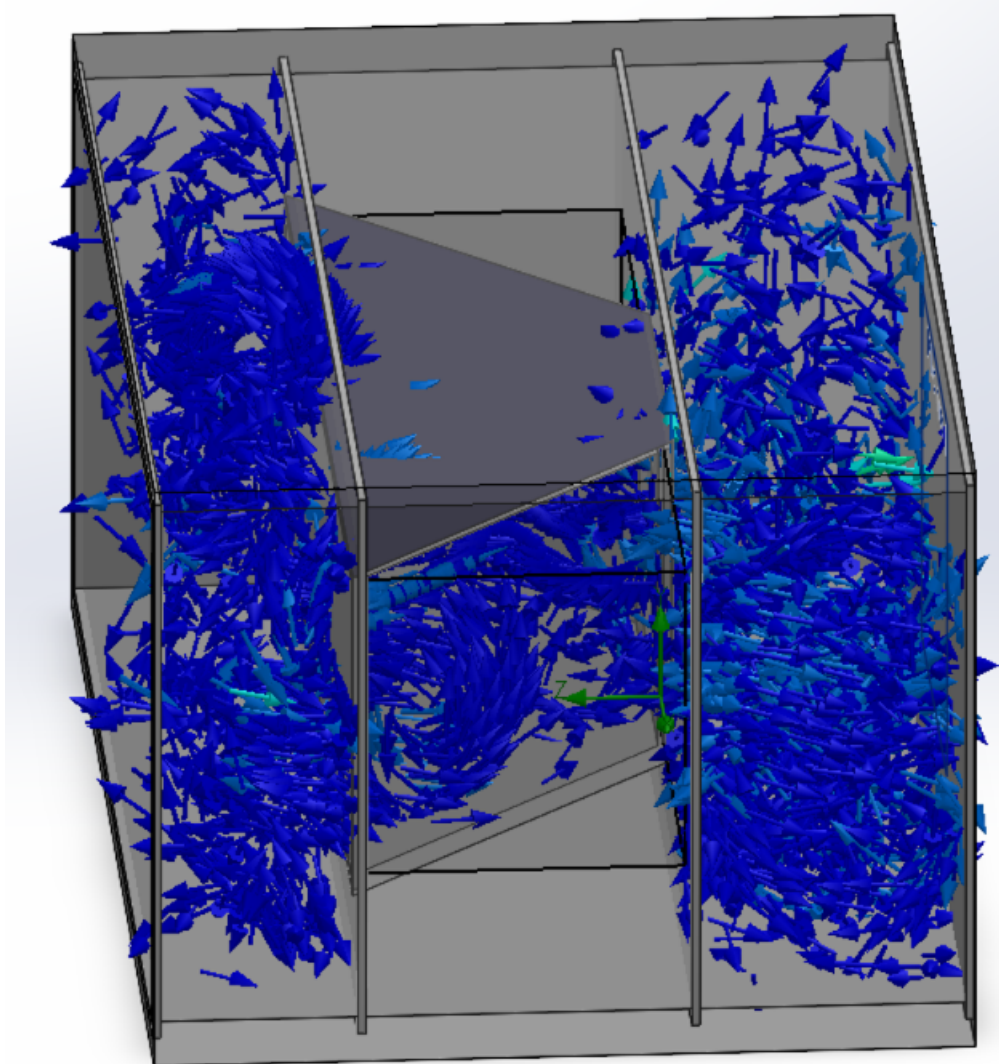


Figura 3.7: Simulación de caudal.

3.6.1. Cálculos de eficiencia

En esta sección del trabajo, se llevaron a cabo pruebas utilizando tres tipos de campanas, cada una con una diferencia en el ancho de la entrada. El objetivo es determinar la abertura con mejor eficiencia.

Adicionalmente, se llevaron a cabo pruebas sustituyendo el polvo ungueal por harina, por consideraciones de seguridad. Esta alternativa fue seleccionada debido a que la harina de maíz,

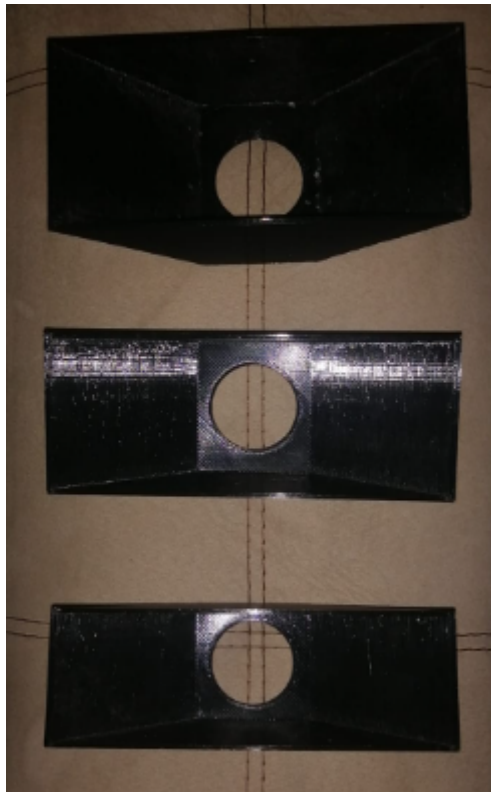


Figura 3.8: Campanas.

al ser tamizada, produce un polvo fino y liviano. Además, su densidad es similar a la del polvo ungueal, situándose en un rango entre 160 a 580 kg/m³ [47].

Para llevar a cabo la prueba de eficiencia, se dispuso una cantidad de harina de entre 15 y 30 gramos sobre una superficie limpia. Posteriormente, se posicionó la campana a varias distancias predefinidas, con el fin de emplear un micromotor para dispersar la harina y generar polvo, el cual sería aspirado mediante la campana.

Además, se registró la cantidad de harina que permaneció dentro de la aspiradora, y se pesó el polvo depositado en el suelo y en los alrededores de la campana.

De manera similar, se procede a utilizar la fórmula 3.14 para calcular el valor de eficiencia en porcentaje con respecto al polvo aspirado. Este análisis se lleva a cabo en tres alturas distintas (10, 15, 20) cm desde el lugar de origen de las partículas y con tres tipos de campanas que presentan una diferencia en el ancho de (5, 6, 7) cm.

$$Ef = \frac{PolvoAbsorbido}{PolvoTotal} * 100 \% \quad (3.14)$$

Tabla 3.5: Datos de absorción campana 1

Campana 1 - Ancho de 5 cm				
Altura	Polvo Absorbido	Polvo suelto	Polvo total	Eficiencia
10 cm	8 gr	11 gr	19 gr	42 %
15 cm	9 gr	16 gr	25 gr	36 %
20 cm	7 gr	14 gr	21 gr	33 %

Para los datos obtenidos en la tabla 3.5, que se refieren a la campana 1, se observa que la mejor eficiencia se alcanza con una anchura de 5 cm, ubicada a una altura de 10 cm, con un valor de eficacia del 42 %.

Tabla 3.6: Datos de absorción campana 2

Campana 2 - Ancho de 6 cm				
Altura	Polvo Absorbido	Polvo suelto	Polvo total	Eficiencia
10 cm	11 gr	7 gr	18 gr	61 %
15 cm	10 gr	14 gr	24 gr	41 %
20 cm	5 gr	11 gr	16 gr	31 %

Para los datos obtenidos en la tabla 3.6, que se refieren a la campana 2, se observa que la mejor eficiencia se alcanza con una anchura de 6 cm, ubicada a una altura de 10 cm, con un valor de eficacia del 61 %.

Tabla 3.7: Datos de absorción campana 3

Campana 3 - Ancho de 7 cm				
Altura	Polvo Absorbido	Polvo suelto	Polvo total	Eficiencia
10 cm	20 gr	6 gr	26 gr	76 %
15 cm	8 gr	9 gr	17 gr	47 %
20 cm	7 gr	16 gr	23 gr	30 %

Para los datos obtenidos en la tabla 3.7, que se refieren a la campana 3, se observa que la

mejor eficiencia se alcanza con una anchura de 7 cm, ubicada a una altura de 10 cm, con un valor de eficacia del 76 %.

Con base en la información adquirida, se procede a generar un gráfico utilizando como referencia los valores de eficiencia y los valores de las alturas establecidas, tal como se muestra en la figura 3.9.

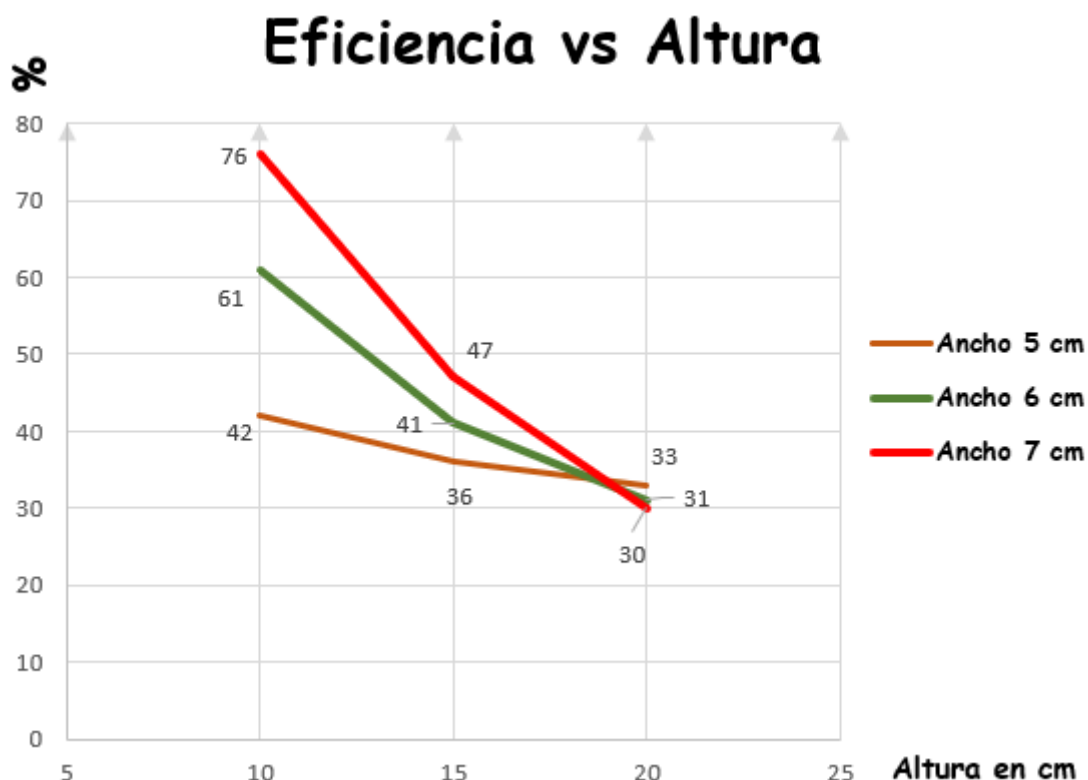


Figura 3.9: Gráfica de eficacia vs altura.

Finalmente, como conclusión general, se determina que la mejor eficacia para captar la mayor cantidad de polvo se logra con una campana que tenga un ancho de 7 cm y se ubique a una distancia de 10 cm del lugar de origen del polvo en posición vertical.

3.7. Características de los elementos

3.7.1. Características de la aspiradora

- Marca Eureka Powerline Gold 3631 Mighty Mite II.

- Modelo 3631
- Capacidad: 0,5 litros.
- Potencia 600 vatios.
- Tamaño/Dimensión Longitud del cable 4m.
- Color Rojo.
- Diseño elegante y ergonómico.
- ¿Es inalámbrico? No.
- Tipo de filtro Filtro HEPA.
- Tipo de ventilador modelo axial.

3.7.2. Características de la campana

Al momento de captar las partículas de polvo, se considera que la campana a utilizar debe ser resistente a la limpieza química, ya que entra en contacto directo con el polvo ungüeval, el cual está contaminado con diversas bacterias y hongos. Por lo tanto, se contempló la impresión de la campana en PLA; sin embargo, debido a la falta de resistencia de este material al contacto con el alcohol, se optó por imprimir la campana en PETG, que ofrece una mayor resistencia en tales condiciones [48].

3.7.3. Características del filtro

Para la selección del filtro adecuado, se consideraron ciertos parámetros como el tamaño de las partículas y su origen. De esta manera, se optó por el uso de filtros HEPA debido a su alta eficacia. Estos filtros tienen la capacidad de filtrar partículas tan pequeñas como 0,3 micras, evitando su liberación al aire a través de la salida del aspirador. Están diseñados con una malla de fibra que logra retener el 99.95 % de las partículas [49].

3.8. Pruebas de funcionamiento

Para concluir el trabajo, se procede a trasladar el artefacto al centro de podología con el fin de realizar las pruebas programadas con un paciente. De esta manera, se coloca la aspiradora

en un lateral de la camilla, asegurando que no interfiera con la subida o bajada de los pacientes, como se puede observar en la figura 3.10 .



Figura 3.10: Colocación de la aspiradora.

A continuación, se lleva a cabo la colocación de la manguera de la aspiradora utilizando cinchos plásticos de 10 cm. Estos se unen directamente a los soportes de la lámpara para fijar la manguera, como se puede apreciar en la figura 3.11.



Figura 3.11: Colocación de la manguera.

En el último paso, es crucial asegurar que la campana se sitúe a una distancia de 10 cm del pie, garantizando así una absorción del 76 %. Es importante destacar que la campana no debe colocarse directamente frente a la lupa y la lámpara, como se ilustra en la figura 3.12 del podólogo, con el fin de evitar interferencias durante el proceso de pulido de callos y uñas del paciente.



Figura 3.12: Verificación de la campana.

3.9. Seguridad para la eliminación de los desechos producidos por el aspirador

Protección personal: El podólogo debe utilizar medidas de seguridad como guantes desechables y una mascarilla facial para evitar el contacto e inhalación de las partículas.

Limpieza del área: Es importante asegurarse de que el área se encuentre bien ventilada para minimizar la exposición a las partículas. Asimismo, la superficie donde se procede a la eliminación debe encontrarse limpia para evitar la propagación del polvo.

Cambio de filtro: se debe abrir la compuerta de la aspiradora es necesaria para llevar a cabo el cambio del filtro, con la precaución de evitar movimientos o presiones bruscas que puedan desprender partículas de polvo del filtro. Posteriormente, antes de instalar los nuevos filtros, se recomienda realizar una limpieza del contorno que estuvo en contacto con el polvo utilizando paños humedecidos en alcohol. Finalmente, se procede a la colocación de los nuevos filtros.

Limpieza de la campana: al retirar la campana, se procede a realizar una limpieza química mediante el uso de alcohol para asegurar una desinfección total.

Disposición adecuada: se debe depositar los residuos recolectados en bolsas selladas.

Lavado de manos: Para finalizar, el podólogo debe procurar lavar sus manos con abundante agua y jabón después de manipular el polvo ungueal y de desechar los residuos.

Capítulo IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante la investigación de diferentes bases de datos referentes al área de la salud, se determinan las propiedades físicas del polvo ungueal, como su tamaño de partícula, densidad y composición. Esto proporciona información crucial para diseñar un aspirador eficiente. Este conocimiento permite seleccionar los filtros adecuados y ajustar los parámetros de succión para garantizar la captura efectiva de las partículas, contribuyendo así a un entorno de trabajo más limpio y seguro en el consultorio de podología.
- La fabricación del dispositivo es un paso fundamental para la implementación de un sistema de aspiración eficaz en el consultorio de podología. Asimismo, se optó por realizar el diseño, el cual fue obtenido mediante el uso de un QFD y matriz morfológica para obtener los elementos necesarios para proceder con la construcción del aspirador. De la misma forma, se consideran diferentes materiales para la elaboración de la campana mediante impresión 3D y la selección de la aspiradora adecuada para cumplir la función requerida. Además, se deben tener en cuenta factores como la ergonomía, la eficiencia de filtración y la facilidad de uso y mantenimiento. Se logra obtener un dispositivo que cumple con los requisitos específicos del consultorio y contribuye a mantener un entorno de trabajo limpio y seguro; en especial para la salud del podólogo.
- La validación del sistema es esencial para asegurar su eficacia y seguridad. Mediante pruebas rigurosas y evaluaciones de rendimiento realizadas dentro del centro de podología, se verifica si el prototipo cumple con los objetivos establecidos. Además, se llevan a

cabo pruebas para validar el funcionamiento e identificar posibles mejoras y ajustes necesarios antes de su implementación final en el consultorio de podología. Previamente, se realizó una prueba en la que se garantiza un 76 % de eficacia al momento de aspirar las partículas de polvo.

4.2. Recomendaciones

- Para realizar el diseño ergonómico se debe considerar la comodidad tanto para el podólogo como para el paciente. Asegurándose de que el aspirador tenga una altura y un ángulo de operación adecuados para evitar la tensión en la postura durante los tratamientos.
- Prestar atención al nivel de ruido que produce el aspirador, ya que el ruido excesivo puede ser incómodo para el podólogo y los pacientes. Se debe procurar utilizar materiales y componentes que ayuden a reducir el ruido generado durante el funcionamiento, sin comprometer la eficiencia del aspirador.

Bibliografía

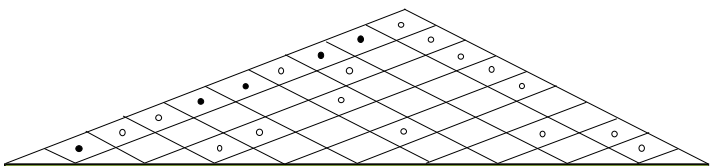
- [1] K. Logachev, A. Ziganshin, O. Kryukova, O. Averkova, I. Kryukov, and A. Gol'tsov, "Improving dust capture efficiency with local exhaust hoods in manicure shops," *Building and Environment*, vol. 181, 8 2020.
- [2] X. Li, Y. Jiang, J. Zhu, L. Wang, M. Zhang, X. Xu, Z. Fang, Y. Zhuo, X. Zhao, Z. Li, and Y. Cao, "Air curtain dust-collecting technology: Investigation of industrial application in tobacco factory of the air curtain dust-collecting system," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 149, pp. 676–683, 5 2021.
- [3] cheung cheng, "Nail dust collector with slopes and dividers," 6 2021.
- [4] C. Kuo, "Dust collecting device with extendible and flexible air tube," 6 2022.
- [5] D. López, P. Palomo, Ángel Morales, and R. Sánchez, "Aproximación al manejo de la hiperhidrosis en el pie," *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*, vol. 7, 4 2013.
- [6] D. Wood, "Pie de atleta - cancer care of western new york."
- [7] E. L. Johnson, H. Feldman, A. Butts, J. Chamberlain, B. Collins, K. Doyle-Delgado, J. Dugan, S. Leal, A. S. Rhinehart, J. H. Shubrook, and J. Trujillo, "Standards of medical care in diabetes—2020 abridged for primary care providers," *Clinical Diabetes*, vol. 38, pp. 10–38, 1 2020.
- [8] A. Javier, "Cantaridina. revisión bibliográfica como tratamiento de las verrugas plantares," 2011.
- [9] J. Larruskain, P. Idígoras, and J. Mendiola, "Onicomycosis: diagnóstico y tratamiento," *Inf Ter Sist Nac Salud* 2, vol. 32, pp. 83–92, 2008.
- [10] J. Granizo and V. Pinos, "UÑero onicocriptosis | dra. jennifer granizo dermatóloga | derma aid."

- [11] “Micromotores | fresco podológica barmezu s.a. | ecuador.”
- [12] F. Donaldson, “Colector porta-trunk,” 2023.
- [13] W. Labortech, “Sistemas de extracción,” 2023.
- [14] S. Huerta, “Ventilación y extracción localizada - mundo hvacr,” 11 2014.
- [15] SP, “Sistemas de ventilación,” 4 2012.
- [16] P. Godoy and O. Mencías, “Diseño y construcción de un sistema para extracción de gases residuales de una mesa de corte por plasma,” 5 2015.
- [17] I. Ventilation, “Control de partículas de polvo.”
- [18] P. Gutierrez and E. Carlos, “Diseño y construcción de un sistema de extracción, separación y recolección del polvo de piedras trituradas para la empresa corpisos s. a.,” 4 2001.
- [19] L. Buchelli, “Funcionamiento de los filtros de tela,” 12 2014.
- [20] airtécnicos, “Ventilador axial axv,” 2023.
- [21] V. SP, “Cbht - n | ventiladores centrífugos,” 2021.
- [22] Engiering, *Flow of Fluids*. 9 ed., 2010.
- [23] ISTAS, “Sistemas de extracción localizada,” 2021.
- [24] A. Gupta and E. Quinlan, “Fungal lung.,” *J. Am. Podiatr. Med. Assoc*, vol. 111, 11 2021.
- [25] J. Ramos, R. Mazoteras, and G. Melero, “Epidemiología de las infecciones en el pie,” *Revista Española de Podología*, pp. 213–219, 2010.
- [26] J. Dominguez, B. Sánchez, and A. Fernández, “Psoriasis pustulosa palmoplantar. a propósito de un caso,” *Revista Española de Podología*, vol. 28, pp. 53–57, 1 2017.
- [27] C. Abramson and J. Wilton, “Inhalation of nail dust from onychomycotic toenails. part i. characterization of particles. 1984.,” *J Am Podiatr Med Assoc*, pp. 111–5, 1992.
- [28] Q. Márquez and J. Ulloa, “Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la fundación salesiana "paces",” *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANASEDE CUENCA*, 2018.

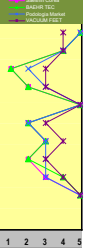
- [29] G. Fernando, *PODOLOGÍA CUIDADOS, TRATAMIENTOS Y SALUD DEL PIE*, vol. 1. mirbet ed., 2009.
- [30] D. Penso-Assathiany, “Verrugas del pie,” *EMC - Podología*, vol. 15, pp. 1–4, 4 2013.
- [31] P. D. Beer, C. Creusy, P. Modiano, P. Gosset, and D. Vennin, “Verrugas del pie,” *EMC - Podología*, vol. 10, pp. 1–8, 1 2008.
- [32] R. Pibernat and C. Seuma, “Patología ungueal,” *FMC: Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, ISSN 1134-2072, Vol. 7, N.º. 6, 2000, págs. 362-377, vol. 7, pp. 362–377, 2000.
- [33] J. A. Eekhof, B. Van, A. Knuistingh, and J. Wouden, “Interventions for ingrowing toenails,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4 2012.
- [34] “Qué es la podología.”
- [35] ABSshot, “Los micromotores: qué son, ámbitos de aplicación y soluciones que ofrece abshot « abshot tecnicos s.l.,” 4.
- [36] P. Ward, “Atopy and reaction to nail dust inhalation.,” *Portal Regional de la BVS*, pp. 275–8, 4 1995.
- [37] E. SP, “Extractores industriales para una adecuada salubridad del aire,” 9 2018.
- [38] MCAT, “¿en qué consiste un sistema de extracción localizada?,” 8 2022.
- [39] G. Xavier and H. Carlos, “Extracción localizada en el laboratorio redactores,” 2004.
- [40] J. López, “Verificación de sistemas de ventilación por extracción localizada,” 2012.
- [41] A. Roberto and O. Espín, “Escuela politécnica nacional facultad de ingeniería mecánica "diseño del sistema de extracción de gases para un asador de pollos" proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico,” 8 2008.
- [42] S. de Higiene y Seguridad, “Uso de campanas / cabinas de extracción en el laboratorio.”
- [43] A. Gualpa, “Diseño y construcción de un sistema de ventilación y medición de gases producidos en la cámara de inflamabilidad del laboratorio de ingeniería mecánica de la universidad técnica de ambato,” 11 2019.
- [44] C. A. Echeverri Londoño, “Diseño óptimo de ciclones,” 7 2006.

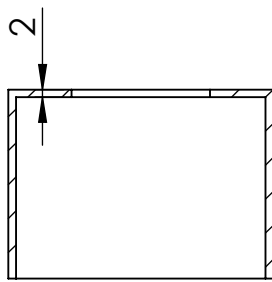
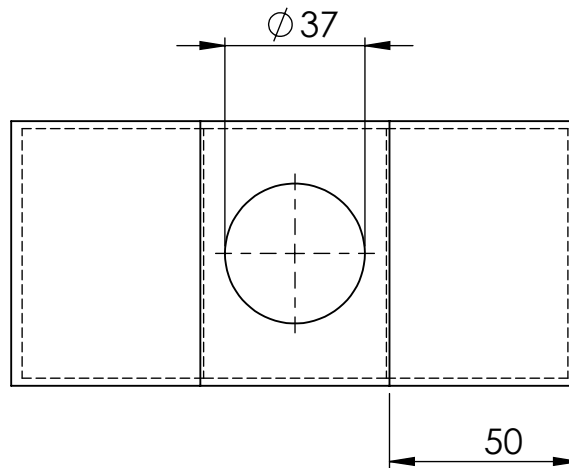
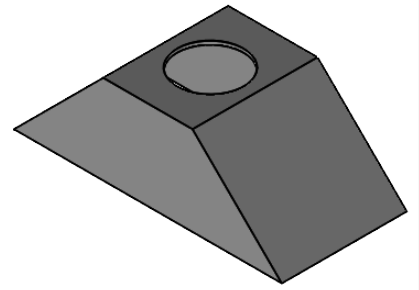
- [45] J. Málaga, G. Vera, and R. Oliveros, “Tipos, métodos y estrategias de investigación científica,” pp. 145–154, 2008.
- [46] F. Bucheli, *FUNDAMENTOS DE QUÍMICA TOMO 1*. 9 ed., 2012.
- [47] M. Chávez, “Análisis comparativo de la densidad de diferentes tipos de harinas mediante el método del picnómetro y su relación con parámetros bibliográficos,” 2020.
- [48] P. P. Team, “Resistencia química de los materiales de impresión 3d,” 2021.
- [49] A. G. Nuria Marina¹, “Medidas de control ambiental en pacientes con asma: Importancia filtros hepa,” *Revista de ASMA*, 2021.

Anexos

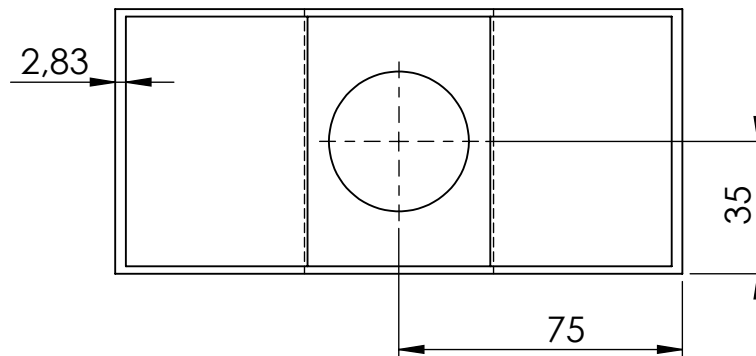
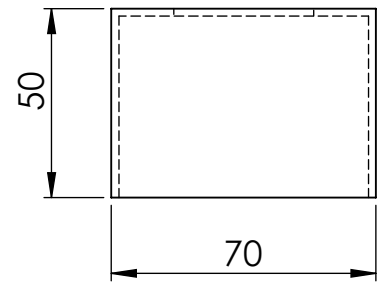
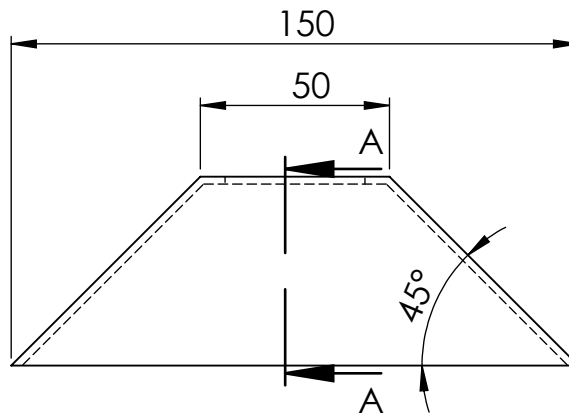


Repetitivo de Costos Nivel 1		Parámetros de Técnica										Cálculo de costos					Evaluación Competitiva				
No.	Repetitivo de Costos Nivel 2	Peso Ponderado	1 12.8%	2 11.9%	3 18.3%	4 16.2%	5 2.8%	6 16.9%	7 8.9%	8 19%	9 11.9%	10 12.8%	Costo de cliente en %	Peso Ponderado	Estal ponderado	Brecha absoluta ponderada	Brecha relativa ponderada	Sensitividad	BARRR TEC	Market	VACUUM FEET
Funcionamiento	1 Capacidad de absorción de polvo	5.00	3	3	3	1		3			1		100%	5.00	5.00	0.00	0.0%	5.00	5.00	5.00	4.00
	2 Fácil forma de usar	4.00		3							3		80%	5.00	4.00	1.00	7.7%	4.00	4.00	4.00	4.00
	3 Bajo costo de adquisición	4.00	3		3	3						3	20%	4.00	0.80	3.20	24.0%	1.00	1.00	2.00	3.00
Costo	4 Bajo costo de mantenimiento	4.00	3				1	3	3				40%	4.00	1.60	2.40	18.0%	2.00	2.00	3.00	3.00
	5 Fácil ensamble	4.00			3	3			3			3	100%	4.00	4.00	0.00	0.0%	5.00	5.00	5.00	5.00
	6 Fácil mantenimiento	3.00			1			3	1				40%	3.00	1.20	1.80	13.0%	2.00	2.00	2.00	3.00
Materiales y Repuestos	7 Resistentes	4.00		1			3	1	1	1		3	60%	4.00	2.40	1.60	12.0%	3.00	3.00	3.00	4.00
	8 Fácil de obtener	3.00	3			3							40%	3.00	1.20	1.80	13.0%	2.00	2.00	3.00	3.00
	9 Livianos	3.00		1	3					1	3	3	60%	3.00	1.80	1.20	9.0%	3.00	4.00	3.00	4.00
Seguridad	10 No poner elementos cortantes	4.00			3								100%	4.00	4.00	0.00	0.0%	5.00	5.00	5.00	5.00
			Costo	Tipo de aspirador	Diseño de la campana	Tipo de filtro	Componentes	Mantenimiento	Ensamblaje sencillo	Silencioso	Peso	Ergonómico									
Importancia técnica absoluta ponderada		78.0	67.0	111.0	62.0	16.0	64.0	55.0	11.0	66.0	76.0	64.0%	39.000	26.000	13.000	100.0%	120.00	133.00	141.00	158.00	
VACUUM FEET		5	4	5	4	5	4	4	3	3	5										
BARRR TEC		2	5	4	5	3	3	5	4	4	4										
Market		1	5	3	4	3	3	5	4	4	5										
VACUUM FEET		2	5	4	4	4	3	5	4	4	4										



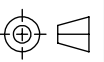


SECCIÓN A-A



PROYECTO: VACUM PIE.

ESCALA:



PARTE: Campana Extractora

1:2

CÓDIGO: UTNCIMEPJ-01

TOLERANCIA: ± 0.10

MATERIAL:

PLA

DISEÑO:

PINCHAO J.

28/5/2024

HOJA:

TRATAMIENTO:

NINGUNO

DIBUJÓ:

PINCHAO J.

28/5/2023

1/1

RECUBRIMIENTO:

NINGUNO

REVISÓ:

OJEDA D.

5/2/2024

A4

CANTIDAD:

1

APROBÓ:

OJEDA D.

5/2/2024

FICA

CIME