

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Maestría en Diseño Industrial y de Procesos

Diseño en concepto de un sistema de succión oral para reducir la dispersión de virus y bacterias contaminantes en procesos odontológicos.

Fabricio Germán Campaña Cortés

Nota del autor

Fabricio Germán Campaña Cortés

Tutor/a Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc.

Lector 1, Ing Jaime Molina, M.Sc.

Lector 2, Ing Edilberto ILanes, M.Sc.

Quito - Ecuador

Nota del autor

Fabricio Germán Campaña Cortés, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Directora Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
fgcampana.mdin@uisek.edu.ec

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Fabricio Germán Campaña Cortés, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1804235644, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Fabricio Germán Campaña Cortés

C.I.: 1804235644

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



PhD. Ing. Diana Belén Peralta Zurita, M.Sc.

LOS PROFESORES INFORMANTES:

PhD. Ing Jaime Molina, M.Sc.

PhD. Ing Edilberto ILanes, M.Sc.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Molina', written over a horizontal line.

PhD. Ing Jaime Molina, M.Sc.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. ILanes', written over a horizontal line.

PhD. Ing Edilberto ILanes, M.Sc.

Quito, 26 de agosto del 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Fabricio Germán Campaña Cortés

C.I.: 1804235644

DEDICATORIA

Dedicado a mi Padre Marco Campaña gestor de brindarnos educación a mis hermanos y mi persona, preocupado cada día en nuestro bienestar, quién junto con mi Madre Anita Cortés han sido nuestras guías incondicionales, a quién también se la dedico.

INDICE

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.....	v
DEDICATORIA	vi
INDICE	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	14
TÍTULO.....	16
RESUMEN Y ABSTRACT	17
Introducción.....	19
Antecedentes.....	19
Planteamiento del problema	22
Justificación	23
Hipotesis	27
El estado del arte	27
Método	45
Fase Descubrimiento.....	45
Fase Interpretación	53
Fase Ideación.....	59
Fase Experimentación	64
Fase Evolución.....	80
Resultados.....	88
Conclusiones	99
Recomendaciones.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Captura de la cantidad de contagios de Covid-19.	19
Figura 2: Esquema de disposición de cubículos odontológicos.	20
Figura 3: Vías de transmisión de Covid en actividades comunes y cubículos odontológicos.....	21
Figura 4: Fases de “Desing Thing”para el desarrollo de productos.....	24
Figura 5: Tendencias de diseño en función de factores sociales, étnicos y responsabilidades.....	28

Figura 6: Posición de trabajo ideal de un odontólogo y su paciente, a). Posición de paciente, b). Vista lateral de posiciones de trabajo, c). vista superior posición de trabajo.	29
Figura 7: Distancia contaminada dentro de un cubículo odontológico.....	30
Figura 8: Dispersión de partículas producto de la dispersión provocada por una turbina de desbaste de cavidades dentales.	31
Figura 9: Diagrama y piezas de dispositivo de aislamiento.....	32
Figura 10: Dispositivo de aislamiento de la zona de dispersión de partículas.....	32
Figura 11: Configuración geométrica y esquema de funcionamiento de un sistema de encapsulación de paciente.....	34
Figura 12: Conjunto para succionar partículas dispersas producto de prácticas dentales	35
Figura 13: Imagen captada con cámaras de luz ultravioleta donde	36
Figura 14: Tubería para la consideración de ecuación de continuidad.....	38
Figura 15: Simulación de CO ₂ producto de la respiración, con tamaño de partícula del orden de 1µm a 100µm, y su comparativa del retorno del fluido cuando se usa mascarilla y cuando no se usa mascarilla.....	40
Figura 16: Simulación de fluido en un habitáculo, comparación realizada entre dos habitáculos, con y sin separación intermedia.....	41
Figura 17: Mecanismo de desinfección de un ambiente cerrado que contiene virus y bacterias.	42
Figura 18: Apertura de boca máxima y forma de medición según Oclusión.....	43
Figura 19: Dimensiones bucales de estudio antropométrico en una población colombiana con la evaluación de 60 hombre y 60 mujeres. a). Puntos de referencia establecidos para mediciones antropométricas. B). resultados estadísticos de la evolución de 120 personas separadas por sexo.	44

Figura 20: a). Respuestas relevantes de usuarios frente a encuestas realizadas. b). Requerimientos de usuarios analizados en base a las encuestas.	51
Figura 21: Campana de usuarios, en el centro de la campana se encuentran los usuarios directos, en los extremos se encuentran usuarios indirectos de diferentes sectores.	51
Figura 22: Mapa de empatía con el usuario en función de encuestas realizadas y respuestas obtenidas.	52
Figura 23: Cápsula de aspiración, el odontólogo puede ingresar sus brazos por la parte inferior de la cápsula y se realiza una succión contante.	53
Figura 24: Succión lateral para aspiración sectorizada.	54
Figura 25: Cabina de protección que encapsula al paciente y su zona bucal.	54
Figura 26: Succionador bucal apoyado, cuya característica principal es englobar a la cavidad bucal.	55
Figura 27: Geometría y medidas del succionador de altura, ancho y altura. a). Longitud de ingreso del fluido y diagrama de cuerpo libre, b). Dimensiones de la geometría. c). Área de extracción o succión del fluido	60
Figura 28: Configuración geométrica interna para uniformidad de aspiración en todos los puntos, propuesta generada para manufactura por deposición fundida de polímeros, sin embargo, no posee un diseño para manufactura por inyección de polímeros.	63
Figura 29: Toma de medidas con la apertura máxima de la cavidad bucal.	65
Figura 30: Geometría de succión del fluido.	73
Figura 31: Propuesta diseñada en software CAD.	75

Figura 32: Enfoque ergonómico del producto sobre la aplicación de las fuerzas en tejidos duros, como lo recomienda (Romero & Barrionuevo, 2017), aplicando en el maxilar superior y maxilar inferior.....	76
Figura 33: Propuesta de geometría ergonómica, centrada en el usuario, posee claves de uso, puntos ergonómicos y adaptador ajustable para mayor versatilidad en su uso, permitiendo al odontólogo explorar en las cavidades más profundas, sin necesidad de usar un retractor bucal.	77
Figura 34: Dimensiones plasmadas con percentil 95 para hombre, satisface también a los percentiles 95 de mujeres y percentiles menores	78
Figura 35: Configuración de las condiciones globales para la simulación y comportamiento del fluido.	81
Figura 36: Vista interna del mallado tetraédrico de la mitad de la geometría respecto a su plano de simetría.....	82
Figura 37: Simulación CFD 3.	83
Figura 38: Simulación CFD 4.	83
Figura 39: Simulación CFD 5.	84
Figura 40: Simulación CFD 3 puntos críticos.....	85
Figura 41: Simulación CFD 4 puntos críticos.....	85
Figura 42: Simulación CFD 5 puntos críticos.....	86
Figura 43: Rediseño de producto con geometrías más suaves conservando las consideraciones de ergonomía planteadas en la fase Ideación. Esta propuesta está enfocada para una manufactura por inyección de polímeros para obtener un producto con una larga vida útil.	87

Figura 44: Configuración geométrica de alternativa de producto para manufactura por “soplado”, no requiere alta complejidad de diseño de molde y se reduce el costo de manufactura, es un prototipo desechable.	87
Figura 45: Diagrama de barras de los resultados de ponderación, se ratifica la inclinación del usuario hacia la propuesta 4 correspondiente a un succionador bucal apoyado.	88
Figura 46: Tiempo empleado en la impresión de la parte superior de la geometría.	89
Figura 47: Convergencia simulación 1.	90
Figura 48: Convergencia simulación 2.	90
Figura 49: Convergencia simulación 3.	91
Figura 50: Convergencia simulación 4.	91
Figura 51: Convergencia simulación 5.	92
Figura 52: Geometría 1 del fluido simulado.	93
Figura 53: Geometría 2 del fluido simulado.	93
Figura 54: Geometría 3 del fluido simulado.	94
Figura 55: Geometría 4 del fluido simulado.	95
Figura 56: Geometría 5 del fluido simulado.	95
Figura 57: Ensamble de partes manufacturadas por deposición fundida, con un espesor de capa igual a 0.05 y un material ABS, se evidencia el ensamble de sus partes.	96
Figura 58: Validación de la geometría con el usuario.	97
Figura 59: Dimensiones generales de geometría final, junto con elemento de ensamble universal mencionado en los antecedentes.	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Reducción de contaminación en porcentaje y unidades de partículas en función de la distancia, con y sin dispositivo de aislamiento, correlacionado con la Figura 8	33
Tabla 2 Fases del “Desing Thinking” aplicadas	45
Tabla 3 Síntesis de los requerimientos del usuario ante el producto de aspiración	47
Tabla 4 Resumen de necesidades y requerimientos del usuario	52
Tabla 5 Ponderación de resultados en función de características de cada propuesta	55
Tabla 6 Resultados unificados finales de cada propuesta	58
Tabla 7 Procedimiento de simulación en software HYPERMESH (primera geometría) “sim1”	61
Tabla 8 Ejemplos tomados por odontólogos voluntarios del procedimiento de la toma de datos de varios pacientes, medidas “a” y “b” establecidas en la Figura 29	66
Tabla 9 Tabulación de datos proporcionados por odontólogos voluntarios, medidas tomadas según la Figura 29, para obtener el percentil 95 para mujeres mediante método estadístico de frecuencias simples y acumuladas	67
Tabla 10 Tabulación de datos proporcionados por odontólogos voluntarios, medidas tomadas según la Figura 29, para obtener el percentil 95 para hombres mediante método estadístico de frecuencias simples y acumuladas ..	68
Tabla 11 Variables y subvariables calculadas dependientes de las medidas y frecuencias calculadas para medida “a” y “b” de mujeres	69
Tabla 12 Variables y subvariables calculadas dependientes de las medidas y frecuencias calculadas para medida “a” y “b” de hombres	70
Tabla 13 Percentil 95 de las medidas “a” y “b” de mujeres y hombres	71
Tabla 14 Procedimiento general de la segunda simulación “sim2”	73

Tabla 15 Proceso de impresión 3D	79
Tabla 16 Dimensiones de participantes para validación de prototipo	98

TÍTULO

Diseño en concepto de un sistema de succión oral para reducir la dispersión de virus y bacterias contaminantes en procesos odontológicos.

RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

La incertidumbre generada por el virus Covid-19 desde su aparición ha incidido en el campo laboral de sectores Socio Económicos, como en el caso de los odontólogos, quienes se encuentran en un ambiente laboral de alto riesgo de contagio por el mismo hecho de que sus prácticas laborales lo requieren, al estar en contacto directo en boca de pacientes y siendo la saliva el medio de contaminación principal del virus, se ve la necesidad de reducir la dispersión de partículas que se generan en sus actividades, de tal forma que se emplean métodos de investigación y desarrollo como el Desing Thinking para resolver las necesidades del usuario desde los aspectos más minúsculos hasta los requerimientos de gran complejidad. Apoyados con la simulación de fluidos por métodos computacionales CFD (Computer Fluid Dinamics) para evaluar la funcionalidad de las propuestas que se generen, se llega a una geometría que permita reducir la mayor cantidad de partículas expulsadas al ambiente con la finalidad de reducir los ambientes nosocomiales que se crean en los cubículos odontológicos. Tal que tras varias iteraciones geométricas se llega a una geometría cuyos valores numéricos computacionales favorecen a mejorar la reducción de dichas partículas, para posterior a ello llegar a un prototipo físico funcional que se elabora por medio de tecnología por deposición fundida comúnmente denominada Impresión 3D.

Palabras clave: Nosocomial, cubículo, oclusión, deposición fundida.

ABSTRACT

The uncertainty generated by the Covid-19 virus since its appearance has affected the labor field of Socio-Economic sectors, as in the case of dentists, who are in a work environment with a high risk of contagion due to the fact that their Labor practices require it, being in direct contact with the mouth of patients and saliva being the main means of contamination of the virus, it is necessary to reduce the dispersion of particles that are generated in their activities, in such a way that methods are used research and development such as Design Thinking to solve user needs from the tiniest aspects to highly complex requirements. Supported by the simulation of fluids by computational methods CFD (Computer Fluid Dynamics) to evaluate the functionality of the proposals that are generated, a geometry is reached that allows reducing the largest amount of particles expelled into the environment in order to reduce nosocomial environments that are created in dental cubicles. Such that after several geometric iterations a geometry is reached whose computational numerical values favor to improve the reduction of said particles, to later arrive at a functional physical prototype that is elaborated by means of fused deposition technology commonly called 3D Printing.

Key words: Nosocomial, cubicle, occlusion, fused stool.

Introducción

Antecedentes

Hogaño, a raíz de que sucediera la propagación del virus nominado por la Organización Mundial de la Salud (Guo et al., 2020) como SARS-CoV-2 (CoVid-19), en la ciudad de Wuhan, China, desde diciembre del 2019, tal que para finales del mes de marzo el Ecuador (Ather et al., 2020) y un 60% de los países del mundo mantuvieron temporadas de cuarentena con restricción de movilización producto de una nueva pandemia denominada CoVid-19, generando episodios de crisis en varios aspectos sociales, culturales, económicos, industriales y más sectores afectados, sin mencionar que los profesionales de la salud son los que se encuentran en la primera línea de batalla contra el virus.

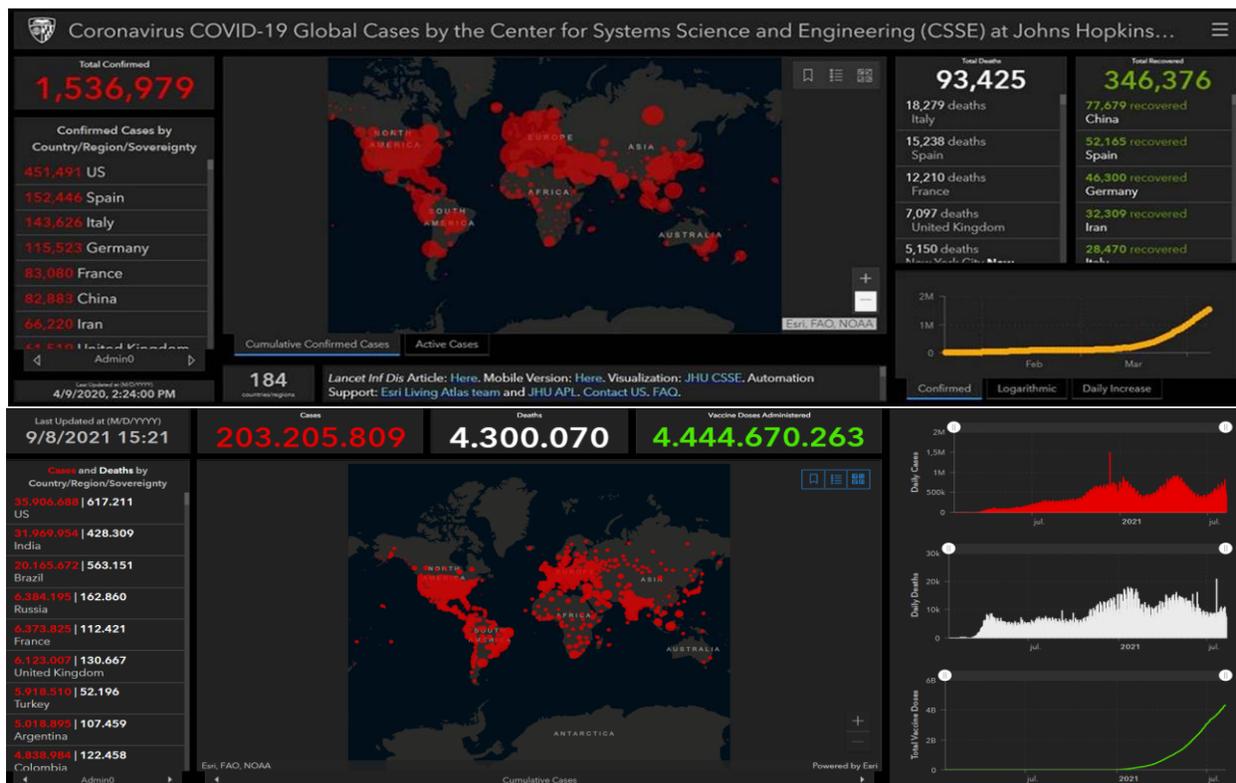


Figura 1: Captura de la cantidad de contagios de Covid-19.

Fuente: (Patel & Hargreaves, 2020)

En la Figura 1 se presenta la cantidad de contagios de Covid-19 a nivel mundial según el Centro de Sistemas Ciencia e Ingeniería (CSSE) de la Universidad Johns Hopkins, en la fecha 9 de abril del 2020 y en la fecha 9 de agosto del 2021. Esta información está disponible en tiempo real en el siguiente enlace: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.

El contagio del virus se genera por salivas expulsadas como partículas, producto de un estornudo, cuando una persona tose o habla frente a frente con otra persona a distancia muy corta, (Peng et al., 2020).

Considerando que el mecanismo para contagiarse es por salivas de personas infectadas y contacto con mucosas como ojos, nariz, y boca, una vez una persona reciba un virus CoVid-19, este se manifiesta dentro de 4 días (Meng et al., 2020) dependiendo de su sistema inmunológico y como se muestra en la Figura 3, generando a la persona infectada temperatura alta, dolor de cabeza, y dificultad para respirar y posterior a ello a una escenario de deceso, sin embargo existen personas que al estar infectadas con el virus no presentan sintomatología gracias a un sistema inmunológico como se ha mencionado, y son los portadores principales del virus (Patel & Hargreaves, 2020).

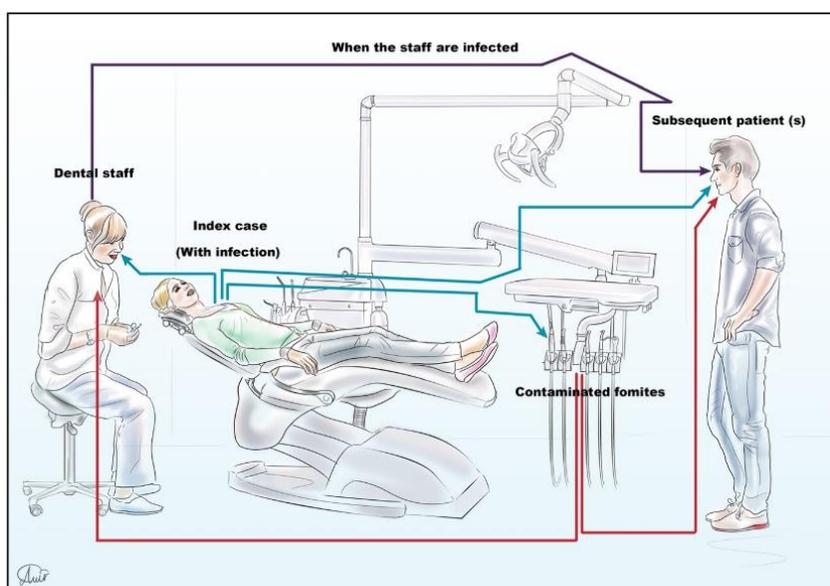


Figura 2: Esquema de disposición de cubículos odontológicos.

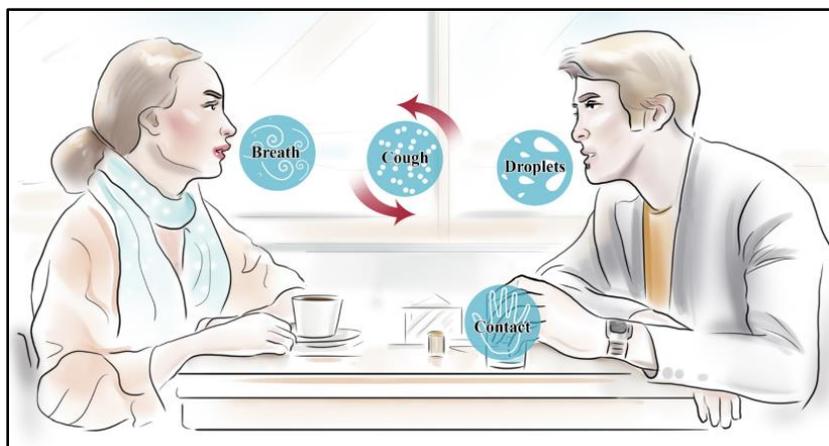


Figura 3: Vías de transmisión de Covid en actividades comunes y cubículos odontológicos.

Fuente: (Fallahi et al., 2020)

De tal forma, existe la gran incertidumbre de parte de los odontólogos del Ecuador y del mundo al ser el profesional de la salud que se encuentra con mayor exposición a saliva como fluido portador del virus (Xu et al., 2020) y expulsado a gran velocidad generando un ambiente nosocomial producto de sus prácticas dentales, donde (Seth D. Judson, 2019) realiza un análisis de virus contagiados por este medio y se detectó alta capacidad de contagio del virus H1N1 y otros tipos y subtipos de virus, un ambiente nosocomial es el que comprende a un entorno contaminado de partículas dispersas, producto de la utilización de turbinas dentales con fresas de diamantes para desbastar las cavidades de una pieza dental, a una velocidad angular de la turbina aproximada de 100000 rpm, tal que (Ge et al., 2020) realiza una revisión sobre la posibilidad de transmisión por medio de aerosol del virus CoVid-19 y precauciones especiales en odontología, y enfatiza la contaminación por medio de superficies donde se aloja el virus por varios días dependiendo de las condiciones fisicoquímicas a las que se encuentre el ambiente y la superficie y todo esto producto de los resultados de varios estudios investigados por este autor que demuestran que aerosoles de alta carga viral de un virus CoVid-19 es muy contaminante ambientalmente el cual puede viajar a

aproximadamente 165 cm de longitud desde su punto de origen, siendo la recomendación de espacio mínimo para poder socializar con otras personas de 2 metros (Xu et al., 2020).

El principio general usado por la odontología para el deshecho de estas partículas es el método de succión provocado por bombas que generan vacío, y esto permite absorber gran cantidad de partículas dispersas, y para solventar estas necesidades existen soluciones impresas en 3D, con geometrías poco manejables para una manufactura por inyección o soplado de polímeros, y por esto tiene un costo relativamente alto. Lo cual es perjudicial para la economía del profesional que recae en su paciente cliente, además los objetos impresos en 3D presentan poca manejabilidad para su respectiva esterilización, a menos que se imprima a un espesor de capa relativamente bajo, dando como consecuencia un producto de poca vida útil a un costo alto de adquisición.

Planteamiento del problema

Un ambiente nosocomial infectado de alta carga de virus y bacterias dentro de un cubículo de odontología es un espacio vulnerable tanto para el odontólogo como profesional y también sus pacientes. Esto crea incertidumbre en sus actividades laborales creando riesgo de contagio de CoVid-19, y más amenazas bacterianas. Tal es que mediante el Desing Thinking se propondrá un producto que permita crear una barrera reductora de la dispersión para que no se haga un flujo disperso dentro del cubículo, y que sobre todo se pueda esterilizar para ser usado con confiabilidad un sin número de veces.

Si se enfoca en realizar una conceptualización de un producto que permita succionar la dispersión generada en boca de pacientes producto de prácticas dentales, bajo mecanismos de

evaluación de funcionalidad de sus prototipos previo a un análisis computacional, se logrará reducir este ambiente nosocomial, que a más de brindar una mayor seguridad tanto para el paciente como para el profesional se evitará reducir las probabilidades de contagios y de esta manera reducir la mortalidad acelerada presentada en los antecedentes mencionados.

Aplicando el Desing Thinking, junto con análisis CFD para evaluar el comportamiento de fluidos (Oxman, 2017), y prototipado rápido se llegará a obtener un concepto de prototipo manejable y funcional, sin afectar la ergonomía del profesional y la ergonomía del paciente, y llegando a un avance tecnológico para de esta manera evitar a un futuro contaminaciones de nuevos virus que puedan aparecer en el pasar del tiempo, como la historia nos demuestra.

Justificación

La nueva tendencia de diseño centrado en el usuario es la metodología “Desing Thinking” donde (Serrat, 2017) define al diseño como un cambio constante de requerimientos y preferencias que conducen al diseñador a ser “empático, personal, subjetivo, interpretativo, integrador, experimental, sintético, pictórico, dialéctico” y esto se resume en tres fases generales que es la inspiración, ideación e implementación, enfocándose en el problema y enmarcándolo con generación de preguntas para obtener respuestas de los posibles usuarios. Mientras que (Shapira et al., 2017) define las siguientes fases: Descubrimiento, Interpretación, Ideación, Experimentación, Evolución; en el Descubrimiento se analizará directamente el problema, reconociendo sus partes más relevantes, en la Interpretación se reconoce cuáles son las necesidades del usuario frente al producto, en la Ideación se propone al posible usuario las primeras alternativas para ser eventualmente parte de las soluciones, la Experimentación es la validación del producto

con un prototipo físico y funcional, para finalmente en la Evolución destacar la propuesta final del producto que satisfaga las necesidades del problema y sobre todo con su enfoque al usuario, en la Figura 4 se muestra sus fases. Según (Andrews, 2015) el Desing Thinking ha reflejado un cambio sustancial en la industria en general con un incremento de economía, con estrategias encontradas por diferentes diseñadores que sus creaciones se han incrustado en el ámbito cultural de la población, incrementándose la competitividad y la mejora continua al ofrecer un producto.

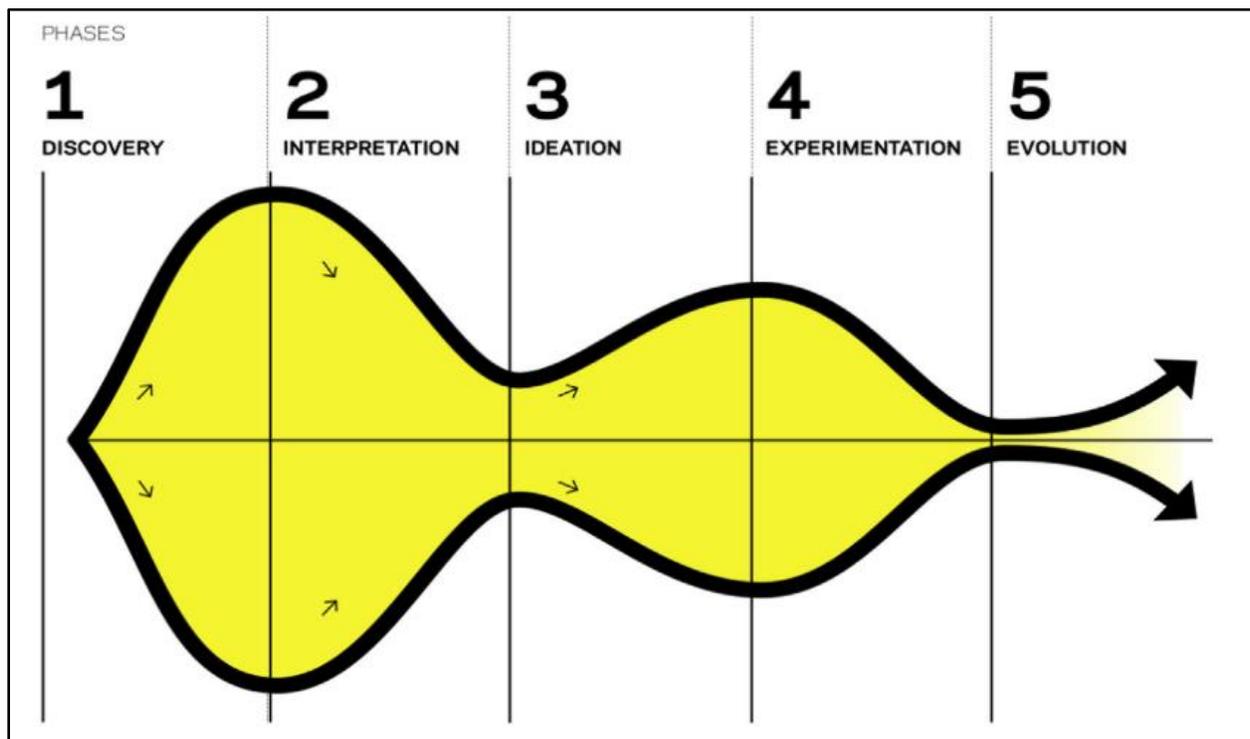


Figura 4: Fases de “Desing Thing” para el desarrollo de productos.

Fuente: (Shapira et al., 2017).

Un método para una validación virtual de su funcionalidad es el análisis CFD que consiste en simular a un fluido transportado, a presión, bajo calor y en modo estático, tal es que (Ojeda et al., 2009) realiza una investigación de la aplicación de CFD al diseño de productos, la herramienta de simulación es tan versátil que su conclusión radica en que este método de análisis puede ser aplicado para la industria alimentaria, industria aeroespacial, industria automotriz, turbo

maquinaria, equipo y componentes electrónicos donde intervengan cualquier tipo de fluido y a diferentes condiciones.

El análisis CFD permite evaluar el comportamiento de un fluido en diferentes puntos de la geometría que este recorre, de esta forma la simulación CFD se convierte una herramienta para evaluación de diferentes características de un fluido transportado en un producto, como puede ser una tubería, un ducto o el caso de un succionador dónde será de gran importancia las condiciones de borde que se considere en la geometría. Con la evaluación de esos resultados se determina si la configuración geometría realizada para la simulación CFD satisface los requerimientos del usuario y cubre las necesidades del problema.

Mediante metodologías de diseño convencionales se ha desarrollado la industria en general por esto la tendencia que ha demostrado una metodología eficiente de diseño es el “Desing Thinking” que permite abordar desde el problema hasta la solución física del mismo. Aplicando el Descubrimiento, Interpretación, Ideación, Experimentación y Evolución, dentro de estas fases existe la aplicación de ingeniería para satisfacer cada uno de los procesos. Dentro de estas fases interviene Diseño de Fluidos y la ingeniería desde varias ramas, para cumplir con las exigencias que se ha obtenido del Diseño Conceptual, esto permite evaluar el fluido transportado por un ducto gracias a la metodología CFD de análisis de Flujo.

Previo a la presentación de los antecedentes planteados se tiene como principal objetivo Diseñar en concepto un sistema de succión oral para reducir la dispersión de virus y bacterias contaminantes en procesos odontológicos mediante metodología Desing Thinking y simulación CFD.

Consecuentemente al objetivo general se tienen los objetivos específicos planteados a continuación:

- Evaluar requerimientos de usuarios para la conceptualización de las necesidades a resolver, validando un prototipo físico mediante la metodología de Diseño “Desing Thinking” para evaluar la funcionalidad de la geometría.
- Diseñar producto bajo sistemas tecnológicos de dibujo CAD, llegando a un prototipo funcional aplicando metodología de diseño CFD para el análisis y comportamiento óptimo del fluido.
- Fabricar un prototipo 3D con tecnologías de manufactura rápida, que permitan evidenciar físicamente la geometría planteada.

Al desarrollar este proyecto se creará una alternativa para la reducción y propagación de partículas proyectadas creando ambientes nosocomiales de alto contenido de virus como es el caso de CoVid-19, reduciendo esa dispersión se creará una primera barrea directa contra la dispersión de virus y bacterias, brindando a los odontólogos una mayor confiabilidad al desempeñar su función profesional, y evitando que su cubículo se contamine para otros pacientes.

Con el “Desing Thinking” se obtendrá los resultados que debe tener el producto respecto al cliente como usuario permitiendo establecer una geometría que deberá ser elaborada bajo procesos de ingeniería y permitirán desarrollar prototipos del producto y establecer su funcionalidad.

Aplicando la metodología por elementos finitos CFD se podrá relacionar el desarrollo de la investigación de diversos casos donde los fluidos intervienen como parte de un proceso o

mecanismo. (Ojeda et al., 2009) también describe unas consideraciones generales de cómo se empieza a realizar un análisis CFD, desde la parte matemática que ejecuta el software hasta la parte de comparación de resultados y su aplicación. Esto para satisfacer que la succión del producto atrape la mayor cantidad de partículas.

Hipotesis

Partiendo del Desing Thinking se planteará una geometría 3D que satisfaga las necesidades del usuario para consecuentemente evaluar mediante CFD si dicha geometría permite una succión uniforme con velocidades de succión iguales en todos sus puntos de aspiración generando una primera barrera para la dispersión de partículas contaminante producto de las practicas dentales para posterior a ello desarrollar un prototipo funcional bajo mecanismos de manufactura rápida.

El estado del arte

(Lagos et al., 2013) establecen tendencias de diseño que se enfocan en parámetros conforme a la responsabilidad social y el factor humano, de esta forma establece varias metodologías de diseño que se muestran en la Figura 5, donde se identifica al “Desing Thinking” como una tendencia de metodología usada conforme a la rendición de cuentas de sus resultados como también un respeto estricto a las necesidades del usuario. El diseño conceptual puede ser determinado desde cierto puntos de vista, es por esto que (Docente & Estudios, 2008) propone una alternativa metodológica para la concepción de productos, y enfoca a la Ergonomía como direccionamiento principal al diseño un producto.

PRINCIPIOS RS / TENDENCIAS	DISEÑO COLABORATIVO	DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO	DISEÑO CENTRADO EN EL CLIENTE	USABILIDAD	DISEÑO UNIVERSAL	DISEÑO BASADO EN LA EXPERIENCIA	DISEÑO TRANSCULTURAL
Rendición de cuentas							
Comportamiento ético							
Respeto a las partes interesadas							
Respeto al principio de legalidad							
Respeto a la normativa internacional de comportamiento							
Respeto a los derechos humanos							

Figura 5: Tendencias de diseño en función de factores sociales, étnicos y responsabilidades.
Fuente: (Lagos et al., 2013)

Mediante el Desing Thinking se ha desarrollado la economía de una manera evolutiva a favor del crecimiento de la misma como lo menciona (Andrews, 2015), destaca que la particularidad de este método para el diseño de productos es muy favorable desde todos los puntos de vista ya que para su planteamiento también intervienen diversos ángulos de enfoque hacia el producto, siendo este el primer paso para el enfoque del proyecto, indagar los requerimientos del odontólogo.

Argumentando con la investigación de (Jacqueline J.A. Bos-Huizer., 2018) que establece una condición de trabajo ergonómica tanto como para un paciente como para el odontólogo mientras ejecuta su trabajo, determinando que la postura ideal para el odontólogo es posicionar la espalda recta y erguida, (Romero & Barrionuevo, 2017) corrobora esta información con posturas forzadas en diferentes ámbitos de trabajo, dando una iniciativa a enfermedades causadas por posturas

forzadas, mientras que su paciente debe posicionarse con la cabeza hacia arriba como lo muestra en la Figura 6.

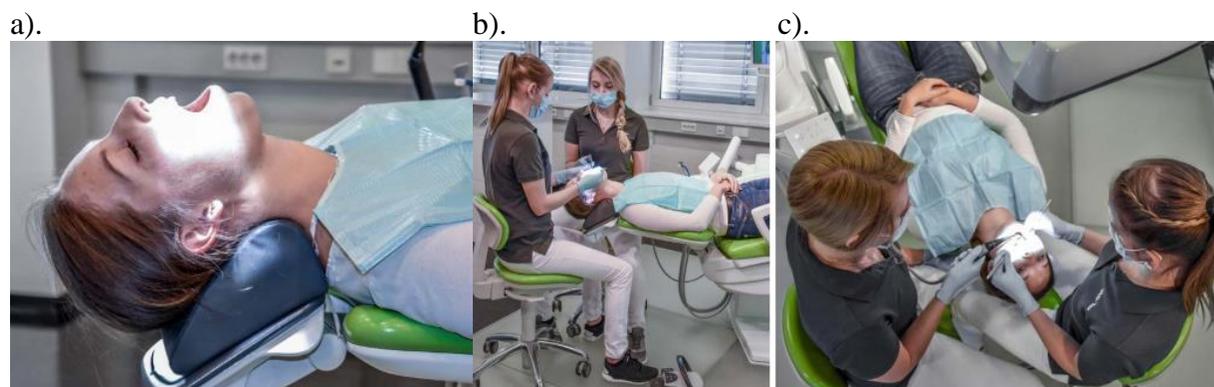


Figura 6: Posición de trabajo ideal de un odontólogo y su paciente, a). Posición de paciente, b). Vista lateral de posiciones de trabajo, c). vista superior posición de trabajo.

Fuente: (Jacqueline J.A. Bos-Huizer., 2018).

La contaminación en prácticas dentales no es un tema nuevo de análisis, como es el caso de (Chen et al., 2010) que realiza una investigación sobre la eficiencia de un sistema de limpieza de aire en espacios odontológicos, enfatizan que la contaminación de los odontólogos no es solo con salivas sino también con microorganismos que viven en la sangre y además restos de tejidos bucales, tal que utilizan referencias de varios autores estableciendo que el tamaño de partícula de estos aerosoles van desde 0.3 a 20 μm y en sus test de simulación miden una cantidad de partículas dispersas desde 40000 hasta 120000 unidades, todo esto producto de la expulsión desde una cavidad bucal, el error máximo de estos datos está en el orden del 0.3%. además, ensayan con una velocidad máxima de partícula de 5 m/s a una temperatura ambiente de 20 grados Celsius. La investigación concluye que es necesario la implementación de limpiadores de aire para contrarrestar la contaminación del ambiente odontológico.

Como lo propone (Ge et al., 2020) existen mecanismos funcionales, que consiste en el aislamiento de la zona de trabajo al punto más mínimo con un producto denominado “rubber dam” propuesto y desarrollado por (Harrel & Molinari, 2004), es una película de goma que aísla la cavidad bucal, y reduce la salpicadura, su desventaja es el tiempo que se requiere para emplear este procedimiento.

También se han desarrollado dispositivos que tienen por objetivo reducir la dispersión de partículas como es el caso de (MONTALLI et al., 2020) que han dictaminado una distancia de contaminación de hasta 1.5 metros en un cubículo odontológico como se muestra en la Figura 8, y se complementa con la información de (Chen et al., 2010) sobre el tamaño de partícula establecido por (MONTALLI et al., 2020) está en el orden de 1 a 100 μm , mientras que (Chen et al., 2010) establece tamaños de partícula de 0.3 a 20 μm .

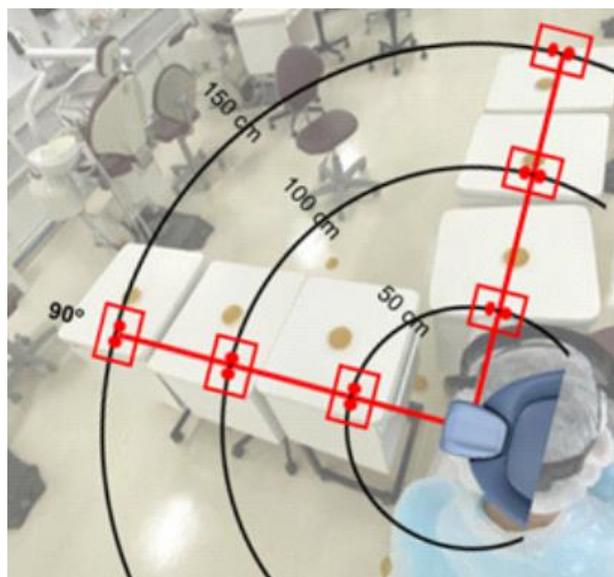


Figura 7: Distancia contaminada dentro de un cubículo odontológico.

Fuente:(MONTALLI et al., 2020)

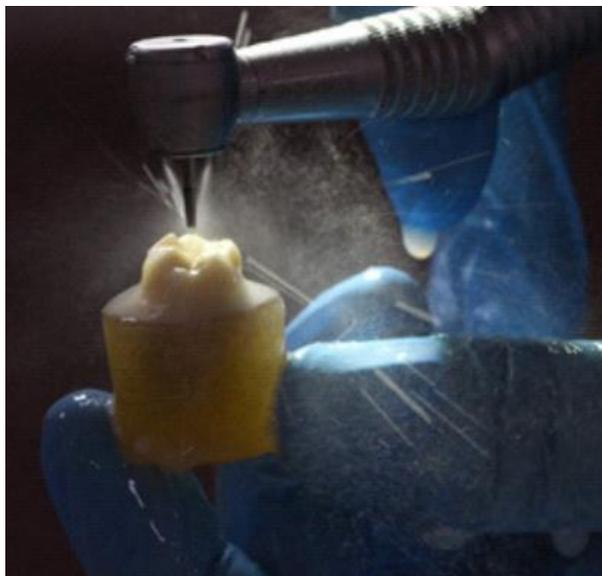


Figura 8: Dispersión de partículas producto de la dispersión provocada por una turbina de desbaste de cavidades dentales.

Fuente: (MONTALLI et al., 2020)

Para contrarrestar dicha contaminación proponen un aislamiento no hermético que encapsula con un recubrimiento textil la zona de trabajo del odontólogo junto con la cabeza del paciente, diseñado para proteger reducir la zona contaminada de 150 cm a la redonda, esta configuración se muestra en la Figura 10 y se correlaciona con la Tabla 1 donde se encuentra un porcentaje de reducción del 95,98% a una distancia de 50 cm, 94,45% a una distancia de 100cm, 92,40 cm a una distancia de 150 cm, la reducción se interpreta de forma que con el aislamiento puesto al paciente se tiene un reducción de 24,8 partículas expulsadas de cada 26. Realizando un análisis a este dispositivo se puede considerar un dispositivo que se encuentre como una barrera inicial en la salida de la cavidad oral, para que desde un inicio se tenga una reducción mayoritaria y que el dispositivo propuesto por (MONTALLI et al., 2020) pueda ser usado como una segunda barrera de protección.

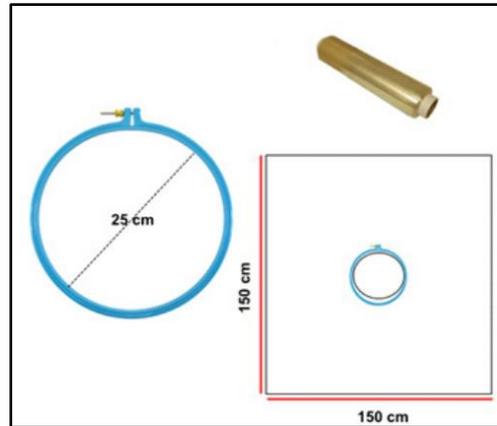


Figura 9: Diagrama y piezas de dispositivo de aislamiento.

Fuente: (MONTALLI et al., 2020).

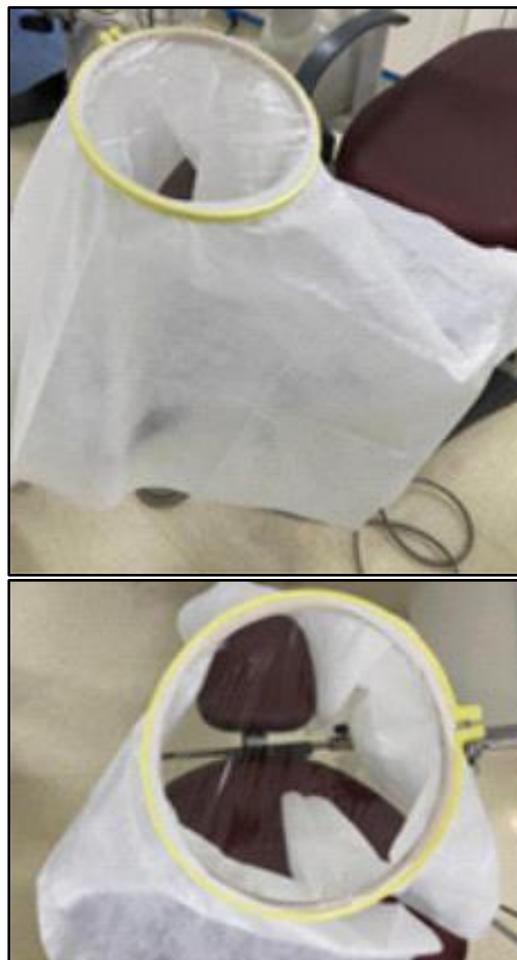


Figura 10: Dispositivo de aislamiento de la zona de dispersión de partículas.

Fuente: (MONTALLI et al., 2020)

Tabla 1

Reducción de contaminación en porcentaje y unidades de partículas en función de la distancia, con y sin dispositivo de aislamiento, correlacionado con la Figura 8.

	Dental drill			Individual dental biosafety barrier / Dental drill			% reduction
	Mean bacterial count (cfu)	SD	n	Mean bacterial count (cfu)	SD	n	
90°							
50 cm	13756.06	3722.08	3	553.33	171.69	3	95.98
100 cm	6779.06	1362.90	3	376.00	79.90	3	94.45
150 cm	3605.13	1340.72	3	274.00	14.00	3	92.40
0°							
50 cm	13353.13	4419.97	3	588.00	86.07	3	95.98
100 cm	8744.22	2784.57	3	504.00	214.77	3	94.45
150 cm	5322.87	682.58	3	178.00	22.00	3	92.40

Fuente: (MONTALLI et al., 2020)

Del mismo modo (Teichert-Filho et al., 2020) propone un sistema de succión para reducir la dispersión, este dispositivo tiene como objetivo encapsular a la cabeza del paciente y contiene espacios que permiten ingresar los brazos del odontólogo para que pueda realizar sus acciones, compuesta por unidad de succión, envase usado como filtro y la cápsula de aislamiento, ver Figura 11, el mecanismo de esta propuesta es tener un sellado semi hermético en dirección superior para que por medio de un sistema de vacío conectado con mangueras a la cara superior de la cápsula, se sustraiga la mayor cantidad de partículas posibles, la configuración inferior está en una disposición “abierta al ambiente” de forma que permite un riesgo de salida de partículas por la parte inferior, dando también oportunidad a un primer dispositivo de succión como primera barrera de la dispersión. La posición de trabajo del odontólogo se ve ergonómicamente estable, sin embargo, no mencionan sobre sus cambios de posición cuando requieres realizar otras prácticas dentales que tienden a obligar al odontólogo a cambiar de postura. Cabe mencionar que no se

evalúa los signos vitales del paciente, ya que al encontrarse encapsulado se reduce la cantidad de oxígeno y a la vez se reduce la saturación del paciente, provocando un incremento de su ritmo cardiaco.

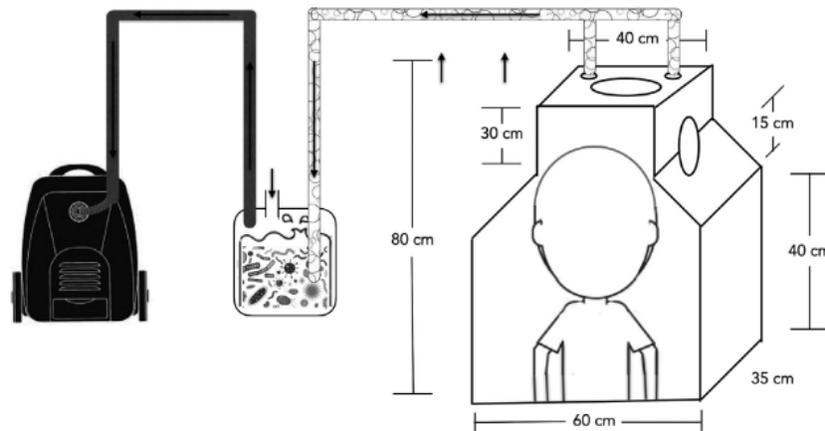


Figura 11: Configuración geométrica y esquema de funcionamiento de un sistema de encapsulación de paciente.

Fuente: (Teichert-Filho et al., 2020)

Ejecutan el proyecto como un prototipo con acrílico como material de la cápsula y un maniquí como prototipo de paciente, ver Figura 12, continuamente realizan prácticas dentales durante un lapso de 11 horas y con intervalos de 60 segundos, para simular un día de trabajo del odontólogo, luego evalúan fotografías realizadas con cámaras especiales ultravioletas para diferenciar las zonas afectadas por las partículas contaminantes como se observa en la Figura 13.

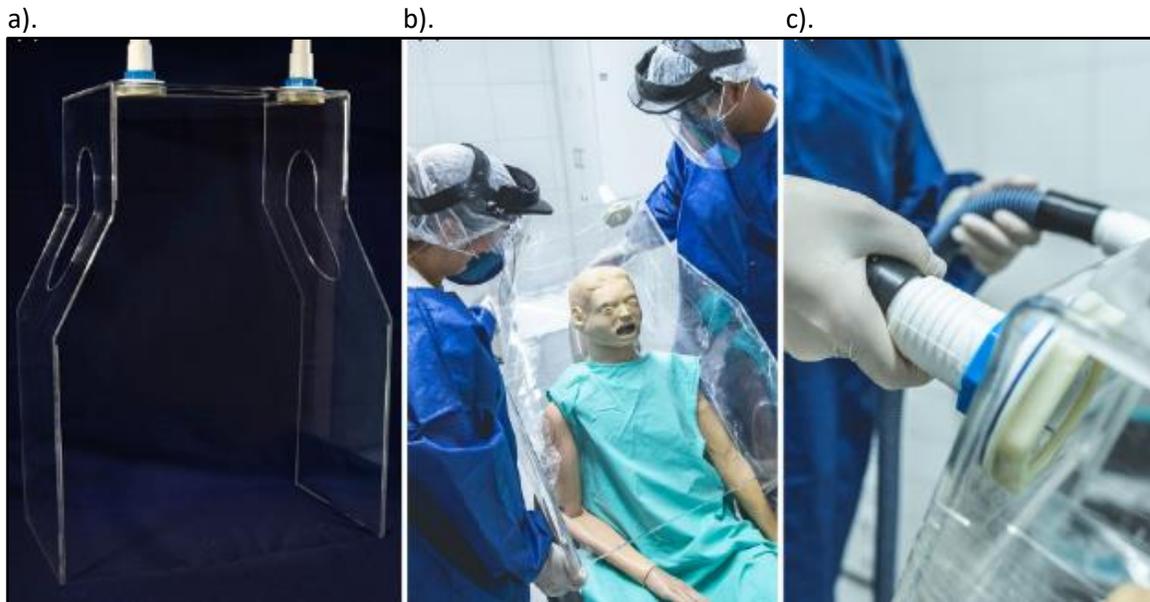


Figura 12: Conjunto para succionar partículas dispersas producto de prácticas dentales

Fuente: (Teichert-Filho et al., 2020).

En la Figura 12 se muestra en a). una cápsula diseñada con orificios y conexiones de manguera de succión, b). ensayo de posición con prototipo de paciente y c). conexión de acoples y mangueras son prototipos propuestos por (Teichert-Filho et al., 2020).

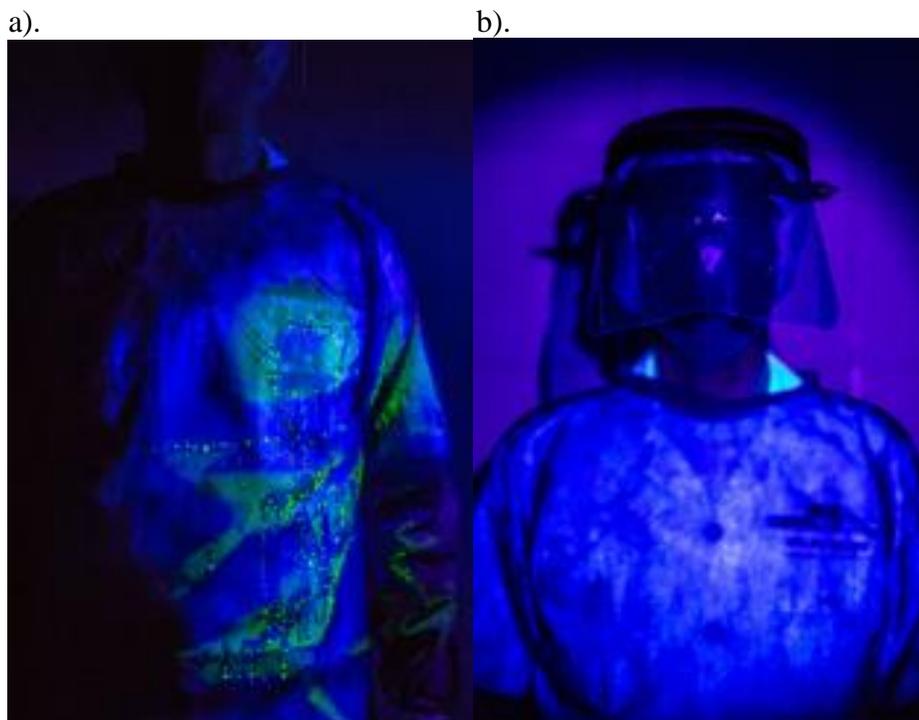


Figura 13: Imagen captada con cámaras de luz ultravioleta donde

Fuente: (Teichert-Filho et al., 2020).

Por otra vía (Kun-Szabó et al., 2021) realiza una investigación sobre la cantidad de aerosoles emitidos en las practicas dentales y con diferentes dispositivos de dispersión, en la Figura 13 se diferencia los colores y tonalidades en función de la cantidad de microorganismos existentes hay en la zona, siendo el verde correspondiente a los microorganismos y el azul para zonas inertes. A la izquierda imagen de mandil del odontólogo luego de la práctica sin encapsulamiento, tal que a la derecha el mandil del odontólogo luego de la práctica usando encapsulamiento. El objetivo de este estudio es analizar la cantidad de partículas dispersas que se generan con cada equipo, ya que la inexistencia de estos datos es limitante para el desarrollo tecnológico, tal es que se realiza una evaluación con las configuraciones de prueba empleadas entre ellas esta una turbina de alta velocidad con pulverización de aire directa / indirecta, y el sistema de control de aerosol aplicado (el extractor de aerosol convencional de alto volumen). Se miden los datos y concluyen que no

existe diferencia significativa entre los dos dispositivos usados que son la turbina convencional y el equipo de ultrasonido. Su recomendación final es que después de cada atención con un paciente se debe esperar un periodo de 15 minutos con el objetivo de que la carga viral del ambiente sea disminuida.

Por otro lado (Warner & Number, 1991) tiene una patente de un succionador convencional que permite evaluar los diámetros para la conexión de sus partes, el cual consiste en un tubo que se incrusta en el área sublingual, succiona líquidos pero su configuración geométrica no permite succionar aerosoles.

En el Ecuador existen diversos proveedores de quipos dentales, como lo indica (Odontol et al., n.d.) y su manual de propietario la presión de succión depende del equipo de aire comprimido que suministra a través de la unidad de mantenimiento neumática la cantidad de caudal de aire, dicha cantidad de aire determina la capacidad de succión, la marca Gnatus en su ficha técnica con código: 7700000181, presentan una unidad dental con la capacidad de alrededor 500000 Pa para un compresor de 3HP de potencia, mientras que para los compresores de 1HP se determina una presión de 220000 Pa y un caudal de aire de 5 l/min. Datos que servirán para la evaluación del comportamiento del fluido en la geometría.

Basándose en (Hernando Barbosa, 2012) y la ecuación de continuidad (Ecuación 1) en la mecánica de fluidos, considerando un conducto de fluido con dos secciones transversales diferentes, (ver Figura 14), la velocidad será directamente proporcional al área considerando un caudal constante.

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ecuación 1: Principio de continuidad.

Fuente: (Hernando Barbosa, 2012)



Figura 14: Tubería para la consideración de ecuación de continuidad.

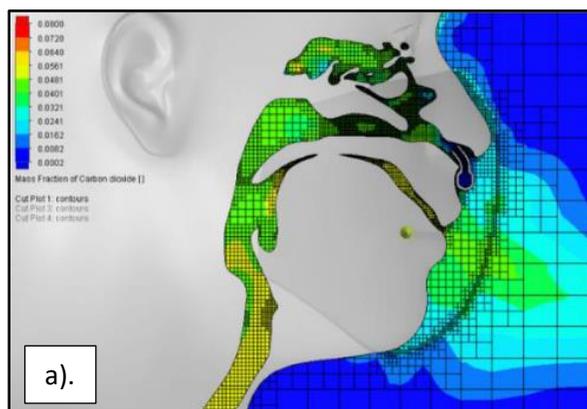
Fuente: (Hernando Barbosa, 2012)

(Alejandro & Luna, 2018) realizan una aplicación de “Implementación y validación de un modelo CFD para simular la dispersión de material particulado PM2.5 al interior de buses de transporte público”, hasta modelamientos matemáticos realizados por (Tesis doctoral, 2015) que han permitido simular la trayectoria de la sangre a través de una vena y validar resultados con un prototipo hidráulico construido a las mismas configuraciones y condiciones de borde que se realizan en el análisis CFD, de esta forma se corrobora que la aplicabilidad de la metodología CFD para simulación de fluidos es amplia y permite desarrollar investigación efectiva.

De la misma manera existen investigaciones del comportamiento de fluidos dispersos en ambientes con tamaños de partícula desde $1\mu\text{m}$ hasta $100\mu\text{m}$ como es el caso de (Velocity et al., 2020), donde realiza una simulación de fluidos para determinar la cantidad de partícula mediante implementación de modelos matemáticos como Markov-Chain, Eulerian, Lagrangian, donde se obtienen tiempos de simulación para cada caso de 3, 18.5, 499 minutos respectivamente para cada caso de simulación. Mientras que (Sawhney et al., 2015) realiza un estudio de prácticas periodontales con una cantidad de 60 pacientes, para observar la reducción de partículas dispersas con y sin uso de bombas de vacío de gran volumen, dando como resultados una reducción del 80%

de partículas dispersas, su estudio demuestra que la aplicación de dicho sistema no posee una eficiencia del 100%, aunque la reducción demostrada es significativa y reduce en gran parte las partículas en prácticas periodontales, de esta forma también se establece que no hay forma de reducir al 100% los aerosoles con sistemas compactos de geometría, pero si reducir en gran importancia.

El documento investigativo de (Velocity et al., 2020), que realiza una simulación CFD del uso de mascarilla, Figura 3 y el comportamiento del fluido de la respiración de una persona de forma que evalúa con y sin uso de mascarilla, el tamaño de partícula que aplica está en el orden de $1\mu\text{m}$ a $100\mu\text{m}$, mismo tamaño de partícula que coincide en la investigación de (Scott Leonard, 2019) quien hace un estudio de la dispersión de partículas comparando el uso de dos tiempos de mascarilla, para este análisis utiliza el software ANSYS, sin mencionar que (Mittal et al., 2020) realiza un estudio sobre la fluidez de aerosoles y también utiliza un tamaño de partícula del orden de $100\mu\text{m}$.



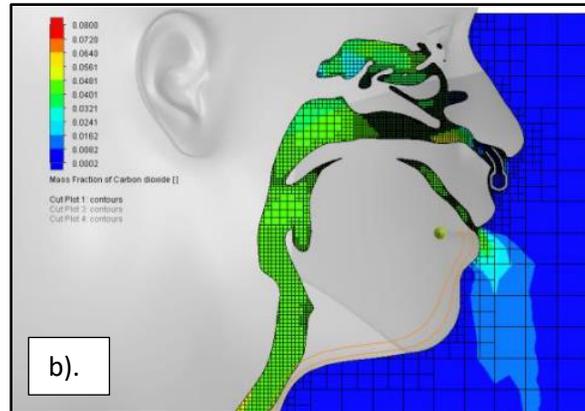


Figura 15: Simulación de CO₂ producto de la respiración, con tamaño de partícula del orden de 1 μ m a 100 μ m, y su comparativa del retorno del fluido cuando se usa mascarilla y cuando no se usa mascarilla.

Fuente: (Velocity et al., 2020).

Por otro lado (Li & Mak, 2007) realiza una simulación de la ventilación ejecutada por ductos de 500mm x 500mm de área transversal, donde enfatiza las condiciones de borde que se aplica al fluido, de esto se obtiene la conclusión de que las condiciones de contorno definen significativamente los resultados finales de cada simulación y también se contrasta que un fluido a mayor caudal se encuentra, tendrá también más velocidad lineal. En la Figura 16 se observa la simulación de dispersión de partículas realizada por (Andrio Adwibowo, 2020) en un espacio público, corroborando que la separación física de una capa, pared o ventana limita la conducción de un fluido.

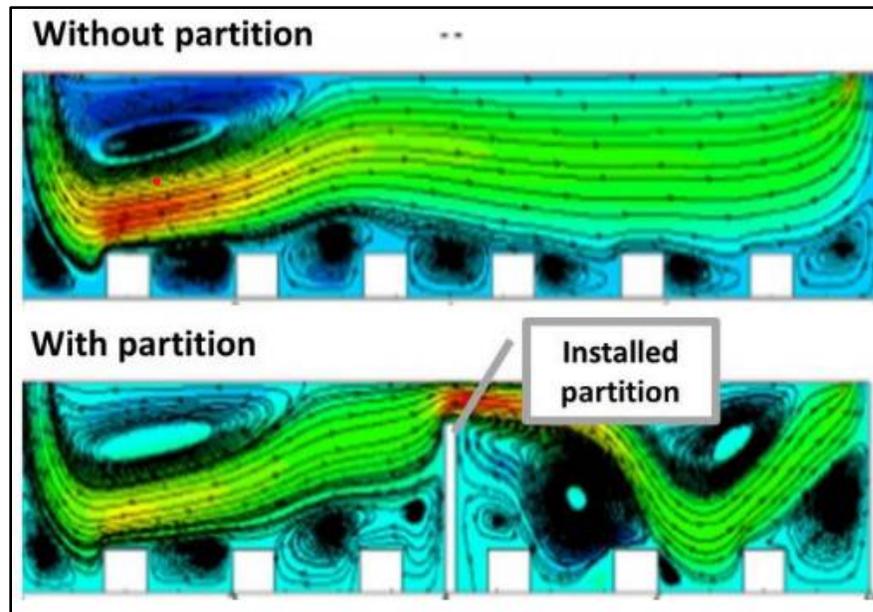


Figura 16: Simulación de fluido en un habitáculo, comparación realizada entre dos habitáculos, con y sin separación intermedia.
Fuente: (Chaudhuri et al., 2020)

(Chaudhuri et al., 2020) realiza una investigación del desenvolvimiento de virus que están en ambiente y su intermitencia en el mismo, pasando por fases de interacción aerodinámica, evaporación aerodinámica y cristalización cinética, tres episodios definidos de los aerosoles tal que la simulación CFD permite evaluar estos episodios bajo condiciones de borde con el número de Prandtl (Pr). Desde otra perspectiva (Morawska et al., 2020) realiza un estudio de como los ambientes infectados de virus pueden ser reducidos, como se muestra en la Figura 17 se desarrolla un esquema que representa la desinfección del aire contaminado, con la utilización de ventilación natural, recirculación de aire pasando por un ciclo de desinfección, lámpara con emisión de Rayos UV, y por último un limpiador de aire con ozono, mientras que (Kobayashi et al., 2020) bajo su simulación CFD del flujo con mascarillas de cánulas de alto flujo realizada en el módulo AcuSolve de Altair concluye que se debe evitar drásticamente el compartir espacios públicos por la capacidad de infección de ambientes.

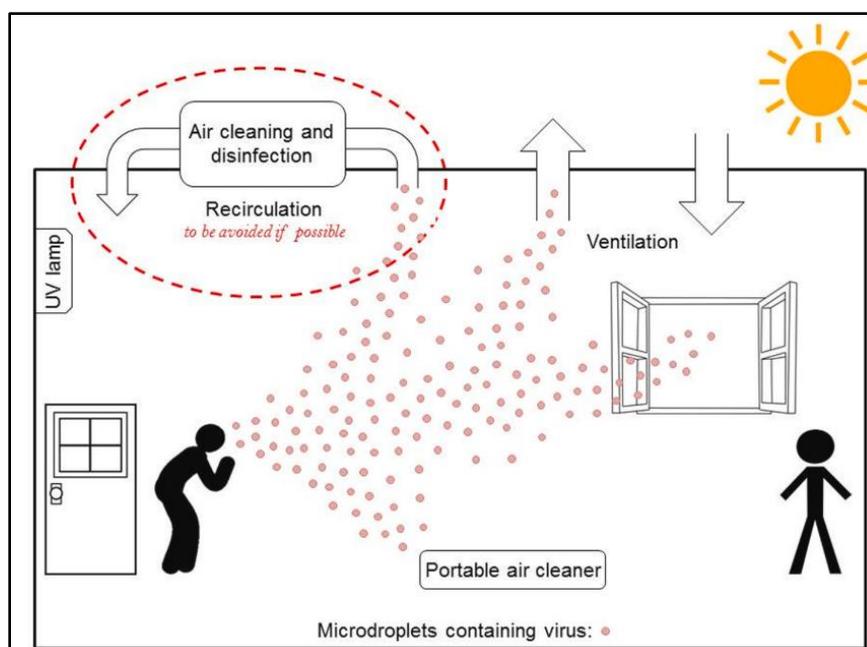


Figura 17: Mecanismo de desinfección de un ambiente cerrado que contiene virus y bacterias.

Fuente (Morawska et al., 2020).

Para el diseño de aparatos odontológicos de succión existe la alternativa de (AENOR, 2010b) que establece la conexión de elementos de succión. Además las especificaciones para instrumental odontológico que se tiene en la Norma EN 1639 (AENOR, 2010a) y esto se convalida con la patente de (Warner & Number, 1991). Misma que será plasmada para prototipos rápidos que son impresos en 3D como el caso de (Clarke et al., 2020) donde realizan un ventilador mecánico aplicando metodologías de diseño y prototipado rápido para la obtención de prototipos rápidos y funcionales.

La Oclusión es la rama de la estomatología que parte de su estudio es el dimensionamiento del sistema craneofacial, de manera que establezca el posicionamiento correcto de sus partes para el correcto funcionamiento del sistema masticatorio (Alonso et al., 1999), el alcance de esta ciencia respecto al dimensionamiento de la apertura bucal máxima está determinado por varios factores,

según (Galindo-Ramirez et al., 2012) existe mucha variabilidad en las dimensiones geométricas de la zona bucal en personas, tal es que las dimensiones se vuelven muy vulnerables a cambios por diferencias anatómicas de diferentes descendencias y étnicas. En la Figura 18 se establece la recomendación de (Insignares S.), que establece la apertura máxima de $48\text{mm} + 2\text{mm}$ de tolerancia, esta distancia no solo depende de sus dimensiones maxilofaciales sino también de las alturas de las cúspides de sus dientes.

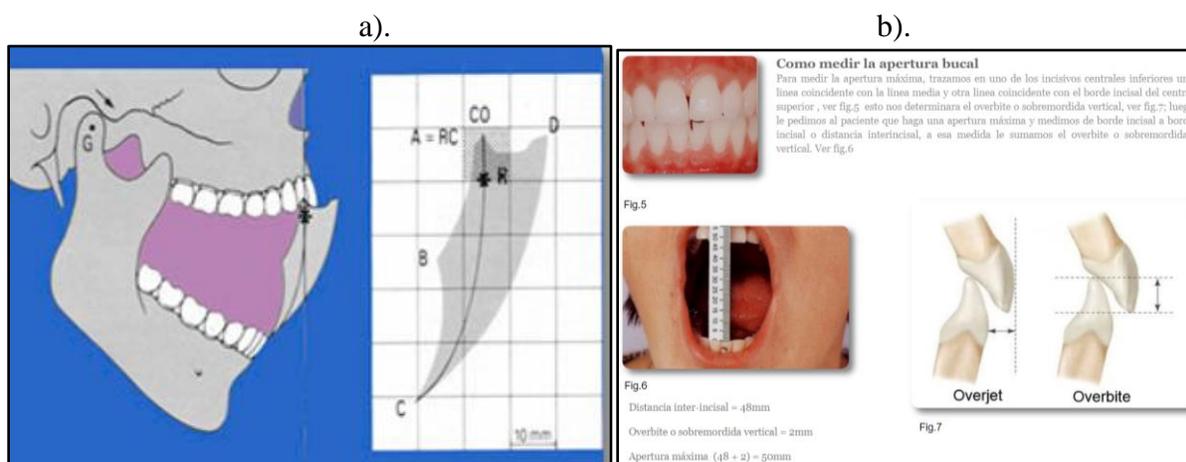


Figura 18: Apertura de boca máxima y forma de medición según Oclusión.

a). Esquema de la dinámica mandibular. B). Recomendaciones para la medición de la apertura bucal máxima.

Fuente: (Insignares S.)

Pese a que los estudios estadísticos de las dimensiones bucales para la población del Ecuador son escasos, en Colombia se realiza un estudio de dimensiones faciales (Bedoya et al., 2012) a una población de niños y se concluye que cada población constituye y tiene conductas micro evolutivas diferentes, por lo cual las dimensiones determinadas varían considerablemente cada una de sus características, además coincide en los resultados que obtiene (Ramos, 2010) respecto a un estudio de morfología de población bogotana en Colombia, dichos resultados cualitativos convergen en que las medidas faciales de hombres respecto a mujeres presentan un mayor valor. Existe también la referencia de (Galindo-Ramirez et al., 2012) que realiza un estudio de las dimensiones faciales mostradas en la Figura 19, cuyo resultado promedio y que beneficia a

este estudio arroja una medida de 46.9mm para mujeres y 51.1mm para hombres para la medida de comisura a comisura, al mismo tiempo se determina un valor de 23.03mm para mujeres y 25.86mm como promedios para la medida Sn-Ls determinada en la Figura 19.

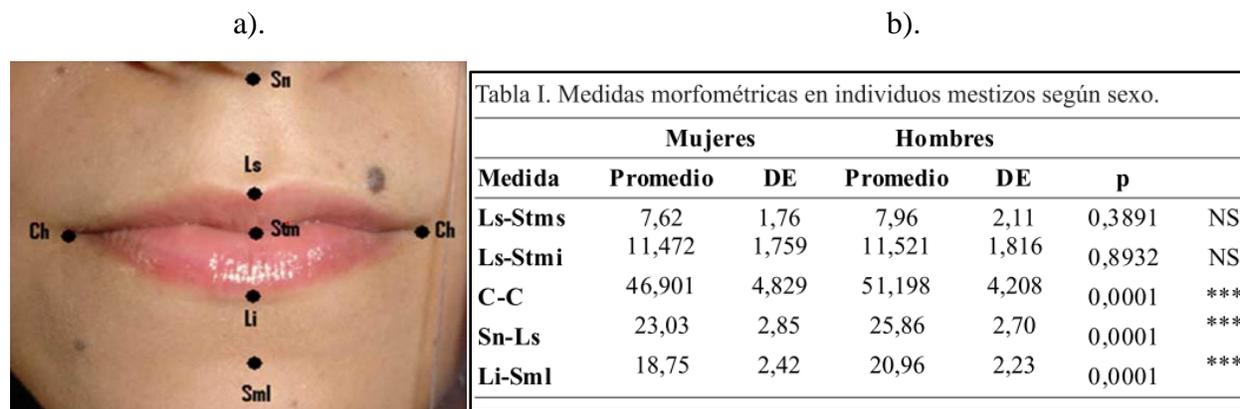


Figura 19: Dimensiones bucales de estudio antropométrico en una población colombiana con la evaluación de 60 hombre y 60 mujeres. a). Puntos de referencia establecidos para mediciones antropométricas. B). resultados estadísticos de la evolución de 120 personas separadas por sexo.

Fuente: (Galindo-Ramirez et al., 2012)

Método

El objeto de este capítulo se basa en aplicar la metodología experimental que permite inmiscuirse netamente en la realidad del problema ayudando a tener respuestas específicas y lograr resultados en base a la metodología inductiva que permite extraer resultados por medio de la observación efectuada con el método experimental.

Como primer punto para efectuar el desarrollo metodológico de este proyecto se anticipa la implementación de “Desing Thinking” centrado en el odontólogo que es el usuario principal. Con la referencia de (Andrews, 2015), (Shapira et al., 2017) y (Serrat, 2017), donde coinciden sobre la indagación del usuario y sus requerimientos se establece la primera fase mostrada en la Tabla 2.

Tabla 2

Fases del “Desing Thinking” aplicadas

Fase	Acción	Descripción
Descubrimiento	Análisis del problema	Dispersión de partículas en prácticas dentales.
Interpretación	Pensamiento del usuario	Cuestionamiento de la perspectiva del usuario.
Ideación	Generar soluciones	Validar solución con el usuario
Experimentación	Diseño conceptual integrado	Satisfacer necesidades y requerimientos técnicos.
Evolución	Validación funcional	Alcance de expectativas.

Fuente: (Serrat, 2017).

Fase Descubrimiento

Según la investigación de (Chen et al., 2010) y los antecedentes planteados, se tiene una evidencia numérica de cómo la contaminación se apodera de los ambientes

odontológicos (Yu et al., 2020), (Sawhney et al., 2015). Por consecuencia se establece las siguientes perspectivas cualitativas de la problemática:

- Se crean ambientes nosocomiales
- Las superficies de pisos paredes y mobiliario son contaminadas por suspensión de partículas del ambiente nosocomial
- Separación de salivas en fragmentos minúsculos aumentando capacidad de contaminación.
- Odontólogo recibe partículas dispersas contaminadas directamente hacia su cuerpo
- El instrumental odontológico se contamina por la suspensión de partículas dispersas
- No hay forma de reducir la expulsión de partículas
- Los pacientes en espera se contaminan al respirar el ambiente nosocomial

La “dispersión de partículas contaminadas en prácticas dentales” se establece como problema principal, existen artículos citados previamente que favorecen al conocimiento de cómo es el mecanismo de contaminación, sin mencionar que los profesionales de la odontología han tenido protocolos de bioseguridad como es el caso de (Australian Dental Association, 2015) donde establece control con estándares de precaución y estrategias para contaminación de zonas, enfocados en la limpieza, mas no al foco de infección.

En consecuencia, se establece el cuestionario centrado en el odontólogo.

“Al ser el odontólogo el profesional de la salud con mayor probabilidad de contagio y estar en exposición directa a pacientes con “Covid” que no presentan síntomas:

- 1.- ¿Qué hace usted para reducir la probabilidad de contagio al usar la turbina?
- 2.- ¿Conoce alguna alternativa para reducir la probabilidad de contagio al usar la turbina?

- 3.- ¿Usa algún método para reducir la creación de un ambiente nosocomial en un cubículo odontológico?
- 4.- ¿Qué necesita para reducir la contaminación al usar la turbina?
- 5.- ¿Cuánto invertiría por un sistema que reduzca la dispersión de partículas?
- 6.- ¿Qué características debe tener el producto?”

Se ha realizado una cantidad total de 10 entrevistas a odontólogos, en la Tabla 3 se muestra cada una de sus respuestas:

Tabla 3

Síntesis de los requerimientos del usuario ante el producto de aspiración.

Odontólogo	Pregunta	Respuesta
Mayra Campaña 	1	Evitar el uso de turbinas y aerosoles. Colocamos un visor al paciente para evitar la dispersión.
	2	He visto succiones de alta potencia, pero tienen costos elevados. Barreras que impiden el contacto con ojos nariz o boca del odontólogo.
	3	Desinfección con Ozono, incorporaré succión de alta potencia con aspersor de partículas.
	4	Un aspirador de partículas
	5	Sé que las succiones están alrededor de 1400 dólares
	6	Que se pueda esterilizar y desinfectar fácilmente, de buen material, fácil de usar, y no muy caro.
Israel Espinosa	1	Uso agua electrolizada en la turbina, campos quirúrgicos con agujero.
	2	Agua electrolizada
	3	No



- 4 Reducir el paso de partículas del spray de la turbina.
- 5 Entre unos \$150 a \$200 dólares
- 6 Reduzca la emisión de partículas hacia el odontólogo, comodidad, que sea de fácil desinfección, fácil limpieza.

Patricia Cortés



- 1 Seguir protocolos bajando carga viral agua oxigenada.
- 2 Desinfectar la cavidad oral del paciente.
- 3 Agua electrolizada en la turbina
- 4 Barreras entre el paciente y la boca
- 5 \$250
- 6 Una Barrera que sea eficaz, fácil limpieza, que no tenga esquinas o ángulos, des infectable.

Katty Brborich



- 1 Utilizamos máquinas de ozono para esterilizar ambientes
- 2 Me recomendaron usar mesas de acrílico, visores faciales, succiones a presión
- 3 Lo más idóneo es trabajar con una succión fuerte
- 4 He visto unos dispositivos impresos en 3D para colocar afuera de la cavidad bucal, he visto imágenes del extranjero
- 5 Puedo pagar de unos 60 a 80 dólares
- 6 Se acopla a la succión, que sea esterilizable, que aspire los aerosoles

Andrés Cortés



- 1 Evitar el uso de turbina, y usar protección facial.
- 2 Pueden ser barreras, succión
- 3 Bajamos la carga del virus en la boca de paciente
- 4 Podría ser un sistema de succión de alta potencia con un aditamento
- 5 \$200
- 6 Sea cómodo, no interrumpa la visibilidad, y sobre todo impida la dispersión de partículas.

Josselin Paredes



- 1 Una pantalla facial y mascarilla
- 2 Usar una pantalla sobre el paciente, aislar las piezas a tratar
- 3 Limpieza y protocolo de desinfección
- 4 Una succión de un campo más amplio
- 5 \$500
- 6 Buen funcionamiento, estudios que avalen, que sea un producto acomodado a la situación del odontólogo, buena visibilidad.

Juan Cisneros



- 1 Reducir la carga bucal
- 2 Reducir el uso de la turbina, para no generar aerosoles. A pesar que me demoro más en los tratamientos
- 3 Amonio en las superficies, y más productos químicos.
- 4 Algo que controle la generación de aerosoles, tipo embudos
- 5 De unos 10 a 15 dólares
- 6 Que sea ergonómico, con un peso ideal sin interrumpir la visibilidad del campo de trabajo.

Luis Cortés



- 1 El uso de barreras de protección como gorros, gafas, y colutorio para bajar la carga viral
- 2 Usar instrumentos de baja rotación, micromotor,
- 3 Desinfección de superficies, y principios de ozonificación
- 4 Barreras de protección adecuadas
- 5 Si cumple con las funciones correctas unos 350 dólares

Karoliona
Peñaherrera



- 6 Precio razonable, que sea confortable para el paciente como para el profesional, de fácil desinfección y con superficies lisas para que no almacene partículas.
- 1 Uso protección facial con filtros de partículas
- 2 Usos de gomas de aislamiento de mucosas
- 3 Ozono y desinfectantes en spray
- 4 Algo que atrape los aerosoles
- 5 De ser eficiente, unos \$30
- 6 Liviano, durable, fácil asepsia.

Andrea Mármol



- 1 Trabajo con equipo de protección individual, reduzco a lo básico el uso de turbina, cuando la utilizo prefiero hacer aislamiento absoluto de la cavidad oral
- 2 He visto cápsulas de protección, pero no creo q sea la solución ya que las partículas o gotas son muy pequeñas y pueden pulular en el aire
- 3 Por el momento no
- 4 Es complicado reducirlo, se me ocurre un sistema de absorción, pero aun así no eliminaría el 100%
- 5 La verdad es q si es un sistema que sea 100% confiable no escatimaría
- 6 Garantizar 100%, que sea amigable con el planeta y con su manejo, que sea compacto y no ocupe mucho espacio

En concordancia a la toma de datos que establece (Oxman, 2017), (Shapira et al., 2017), (Serrat, 2017) se realiza la separación de cada una de las respuestas de usuarios, con etiquetas rápidas, como se muestra en la Figura 20, este mecanismo ha permitido captar la mayor parte de pensamientos relevantes para llevar las necesidades a una futura concepción de la solución.

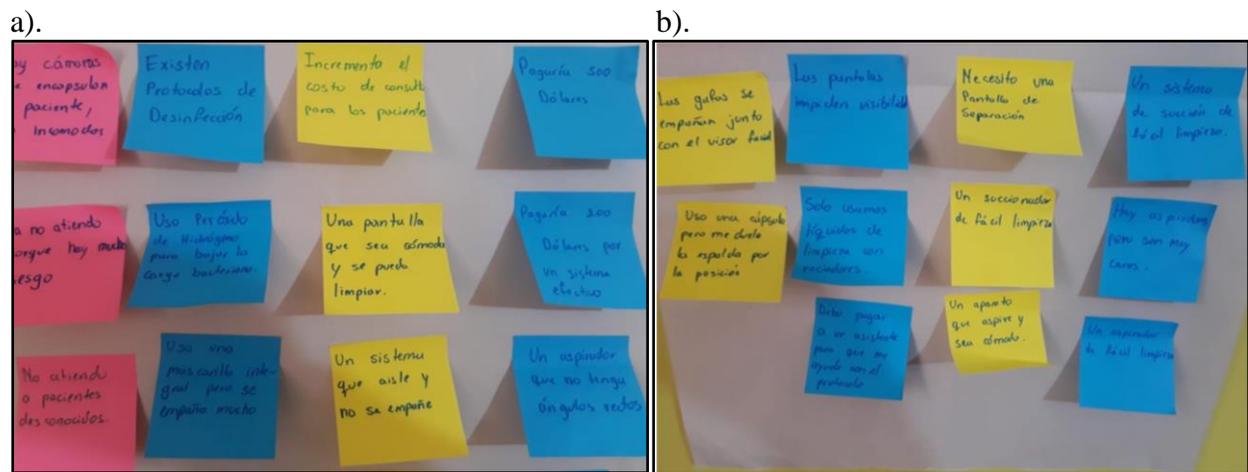


Figura 20: a). Respuestas relevantes de usuarios frente a encuestas realizadas. b). Requerimientos de usuarios analizados en base a las encuestas.

En la Figura 22 se establece una campana de usuarios para direccionar el enfoque de la solución, dicha campana de usuarios permite identificar los sectores a quienes se enfocará la misma, siendo los de primordial interés los usuarios colocados al centro de la campana, mientras que en los extremos de la campaña se establecen los usuarios externos, por otro lado se encuentra también el mapa de empatía, donde se define y revela cuáles son las perspectivas de los usuarios en función de su experiencia cognitiva.



Figura 21: Campana de usuarios, en el centro de la campana se encuentran los usuarios directos, en los extremos se encuentran usuarios indirectos de diferentes sectores.

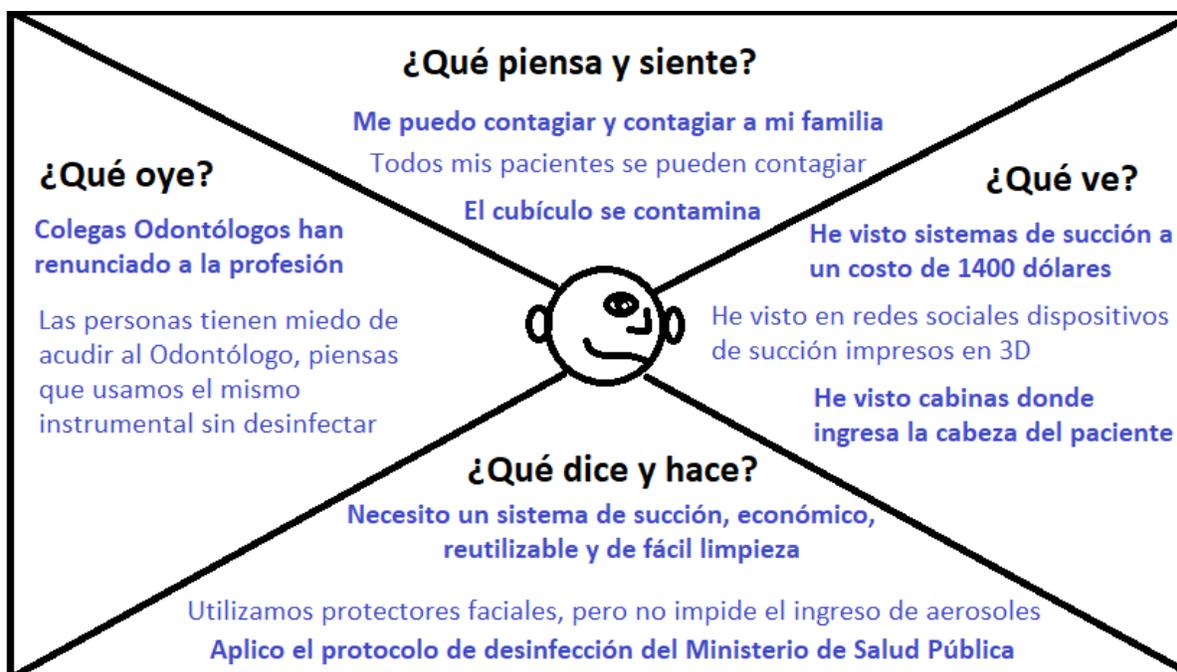


Figura 22: Mapa de empatía con el usuario en función de encuestas realizadas y respuestas obtenidas.

Una vez obtenidas las respuestas de las necesidades que tiene el usuario se establece cuáles son las principales características del producto que el usuario necesita, tales que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Resumen de necesidades y requerimientos del usuario

<i>¿Qué necesita el usuario?</i>	<i>Insigth</i>
<i>Una barrera que impida la dispersión de partículas</i>	<i>El odontólogo busca reducir la dispersión de partículas por uso de turbina</i>
<i>Un sistema que aspire aerosoles</i>	<i>El odontólogo busca un sistema ergonómico</i>
<i>Un aspirador que sea eficiente y económico</i>	
<i>Un sistema que sea fácil de usar y de fácil limpieza</i>	
<i>Un sistema que sea cómodo, suave y liso.</i>	

Fase Interpretación

Siguiendo las fases de la Tabla 2, se realiza una interpretación de las respuestas obtenidas por el usuario, en la Figura 23 a la Figura 26 se muestran las respuestas sintetizadas bajo una perspectiva general del usuario frente a la necesidad de reducir la dispersión de partículas. Dichas respuestas dan cabida a diferentes concepciones de posibles soluciones, mismas que son expuestas a los odontólogos colaboradores a fin de realizar una primera validación de las propuestas. En las figuras mencionadas se muestra la interpretación conceptual de las alternativas de solución realizadas en base a la fase de descubrimiento.

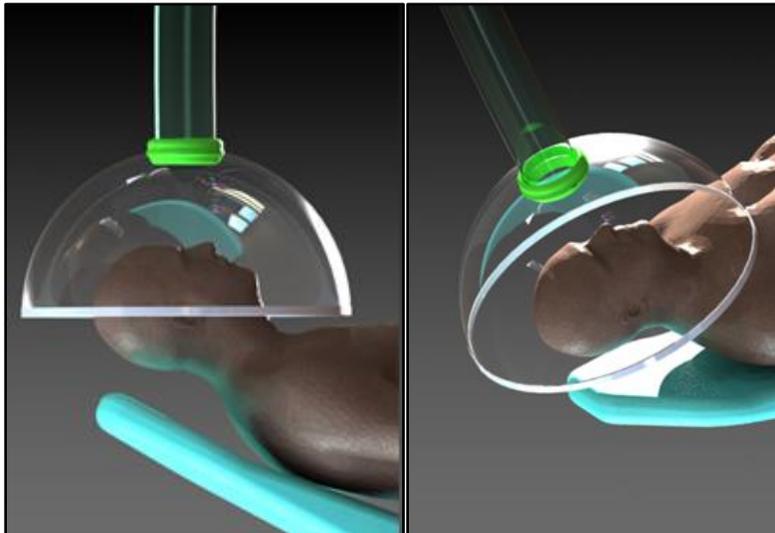


Figura 23: Cápsula de aspiración, el odontólogo puede ingresar sus brazos por la parte inferior de la cápsula y se realiza una succión contante.



Figura 24: Succión lateral para aspiración sectorizada.

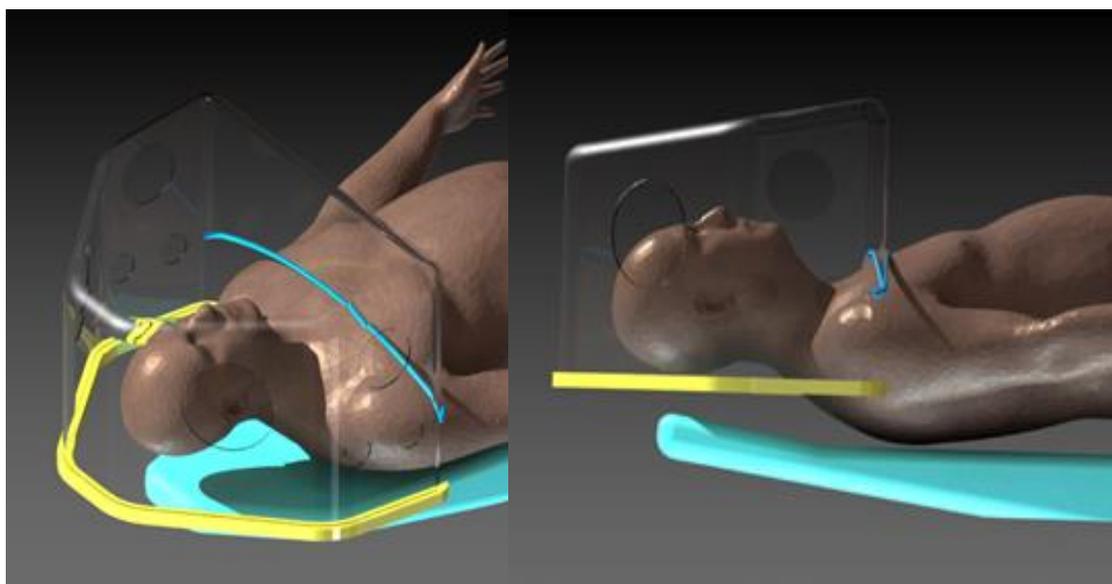


Figura 25: Cabina de protección que encapsula al paciente y su zona bucal.

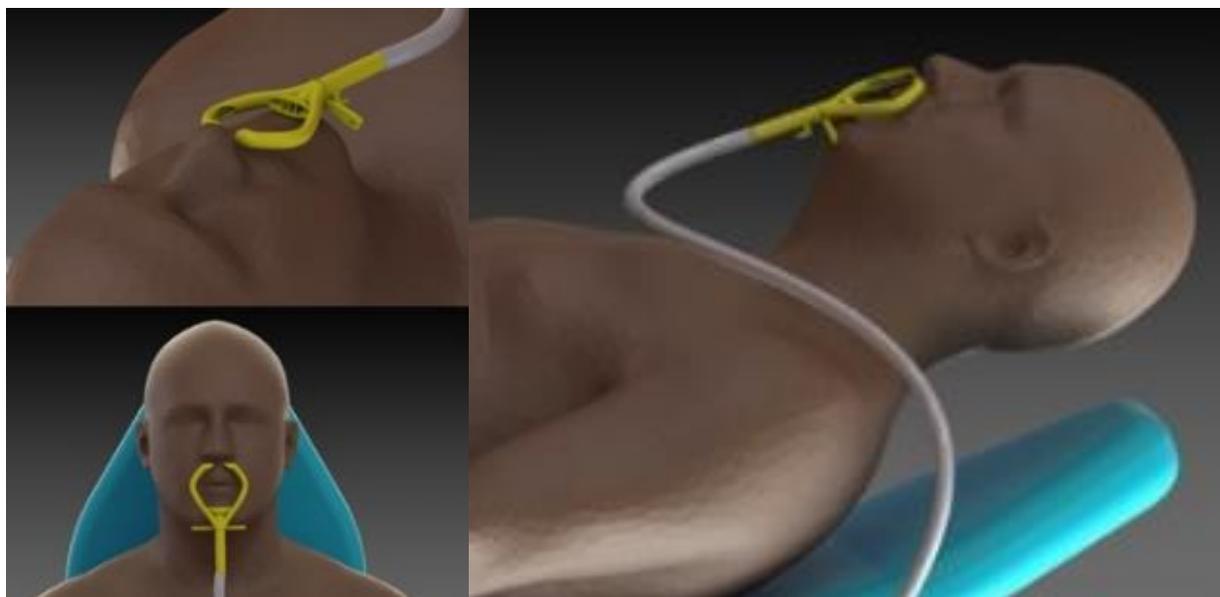


Figura 26: Succionador bucal apoyado, cuya característica principal es englobar a la cavidad bucal.

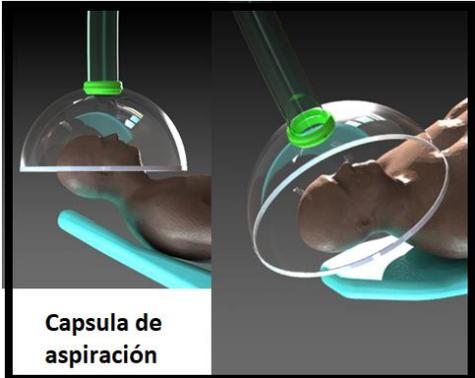
Ponderación de la validación de cada propuesta frente al odontólogo, se califica con valores de 1 siendo desfavorable, conforme aumenta hasta 5 siendo favorable, estos resultados se muestran en la

Tabla 5.

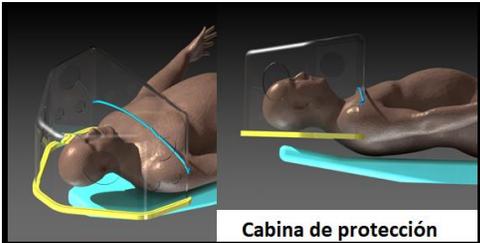
Tabla 5

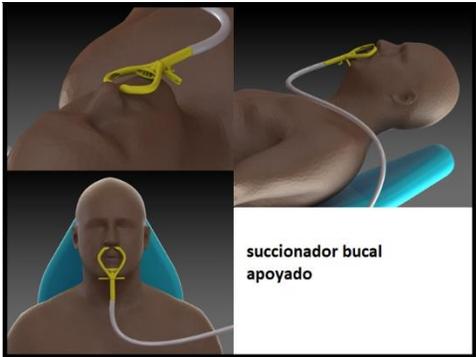
Ponderación de resultados en función de características de cada propuesta.

Odontólogo	Propuesta	Usabilidad	Comodidad	Ergonomía	Versatilidad	Fácil limpieza	Eficiencia
Mayra Campaña		1	2	3	4	4	4
Israel Espinosa		3	1	1	4	5	5
Patricia Cortés		3	2	1	4	4	3

Katty Brborich		2	2	2	3	3	4
Andrés Cortés		1	2	2	3	4	4
Josselin Paredes		4	3	3	3	2	4
Juan Cisneros		3	4	3	4	3	5
Luis Cortés		1	1	2	1	2	5
Karoliona Peñaherrera		1	1	3	4	2	4
Andrea Mármol		2	2	1	3	4	5
Sumatoria	22	20	21	33	33	43	

Odontólogo	Propuesta	Usabilidad	Comodidad	Ergonomía	Versatilidad	Fácil limpieza	Eficiencia
Mayra Campaña		3	2	3	1	4	1
Israel Espinosa		3	3	2	1	4	2
Patricia Cortés		3	3	3	1	4	3
Katty Brborich		3	2	3	2	3	4
Andrés Cortés		3	3	2	2	3	2
Josselin Paredes		3	2	3	1	4	2
Juan Cisneros		4	4	3	2	3	1
Luis Cortés		2	3	3	2	4	3
Karoliona Peñaherrera		3	4	3	2	3	1
Andrea Mármol		3	3	2	3	4	2
Sumatoria	30	30	27	17	36	21	

Odontólogo	Propuesta	Usabilidad	Comodidad	Ergonomía	Versatilidad	Fácil	Eficiencia
Mayra Campaña Israel Espinosa		1	1	1	1	1	1
Patricia Cortés	 <p>Cabina de protección</p>	2	1	1	1	1	1
Katty Brborich		1	2	2	1	2	1
Andrés Cortés		1	1	1	2	1	1
Josselin Paredes Juan Cisneros		2	2	2	1	1	1
Luis Cortés		1	2	1	1	2	1
Luis Cortés		2	1	1	2	1	1
Karoliona Peñaherrera Andrea Mármol		2	1	1	2	1	1
		1	1	1	1	2	1
Sumatoria		14	14	12	13	12	10

Odontólogo	Propuesta	Usabilidad	Comodidad	Ergonomía	Versatilidad	Fácil	Eficiencia
Mayra Campaña Israel Espinosa		4	5	4	5	4	4
Patricia Cortés	 <p>succionador bucal apoyado</p>	4	4	4	5	5	4
Katty Brborich		5	4	5	5	4	4
Andrés Cortés		4	4	4	5	5	4
Josselin Paredes Juan Cisneros		5	5	5	4	4	4
Josselin Paredes Juan Cisneros		4	4	4	4	4	5
Juan Cisneros		4	4	5	5	4	4
Luis Cortés		4	4	4	4	4	5
Luis Cortés		5	4	5	4	4	4

Karoliona Peñaherrera	4	5	4	5	5	5
Andrea Mármol	4	4	5	4	4	4
Sumatoria	43	43	45	46	43	42

Efectuadas las respuestas de los usuarios entrevistados, en la Figura 8 se establece la opción primordial que dará la funcionalidad de una primera barrera de acción ante la dispersión de partículas, tal que para su desarrollo se deberá dar la funcionalidad de eficiencia de aspiración, fácil limpieza, y la ergonomía para los usuarios.

Tabla 6:

Resultados unificados finales de cada propuesta.

	Usabilidad	Comodidad	Ergonomía	Versatilidad	Fácil limpieza	Eficiencia
1.- Cápsula de aspiración	22	20	21	33	33	43
2.- Succionador lateral	30	30	27	17	36	21
3.- Cabina de protección	14	14	12	13	12	10
4.- Succionador bucal apoyado	43	43	45	46	43	42

Con lo planteado por (Romero & Barrionuevo, 2017) y por (Jacqueline J.A. Bos-Huizer., 2018) se corrobora que la perspectiva del odontólogo frente a la solución 1 y 3 de la Tabla 6, refleja en el usuario un miedo e inseguridad por la comodidad que estos sistemas presentan al momento de trabajar, de esta forma se corrobora también que la metodología de diseño empleada cumple con una indagación previa que se muestra eficiente ante los requerimientos del usuario.

Fase Ideación

Para generar la solución ante la propuesta establecida por los usuarios se estable una primera configuración geométrica, misma que será ensayada bajo un primer mecanismo de simulación CFD bajo los siguientes parámetros y condiciones de borde que se han expuesto y referenciado en el estado del arte.

Los datos considerados son:

Temperatura ambiente	7 - 21 °C (280,15 - 294,15 °K) a 2850 msnm - Quito
La presión atmosférica	2850 msnm es de 0.71 atm (71940.75 N/m ²)
Temperatura normal	18°C - 37°C (Promedio 309.15°K)
Tipo de malla	Malla 2d de 1mm en triángulos por las redes del succionador, malla tetraédrica de 1mm de tamaño de elemento
Presión de succión:	220000-500000 Pa (Odontol et al., n.d.); (Propiet, n.d.).

Esta simulación ayudará a determinar la funcionalidad de la geometría planteada con el objetivo de analizar el costo beneficio que estos prototipos rápidos brindan, para poder tener un primer indicio matemático del comportamiento del flujo en prácticas dentales.

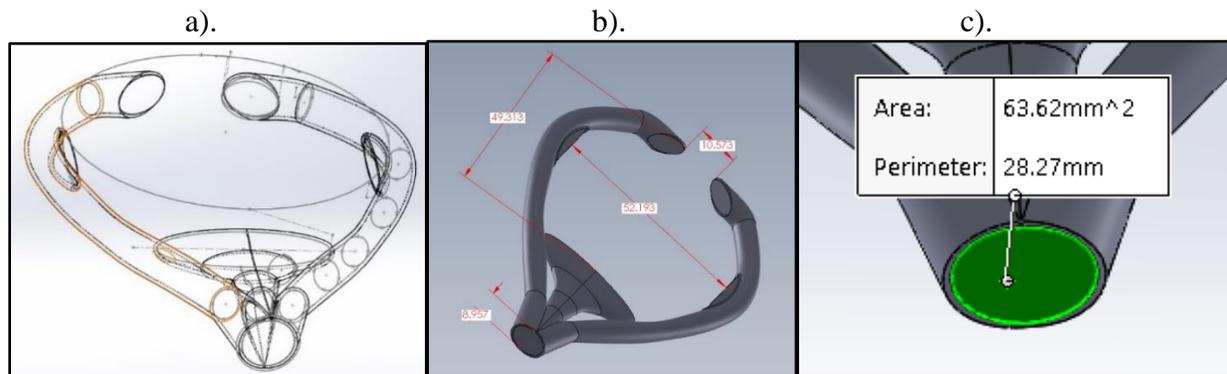


Figura 27: Geometría y medidas del succionador de altura, ancho y altura. a). Longitud de ingreso del fluido y diagrama de cuerpo libre, b). Dimensiones de la geometría. c). Área de extracción o succión del fluido

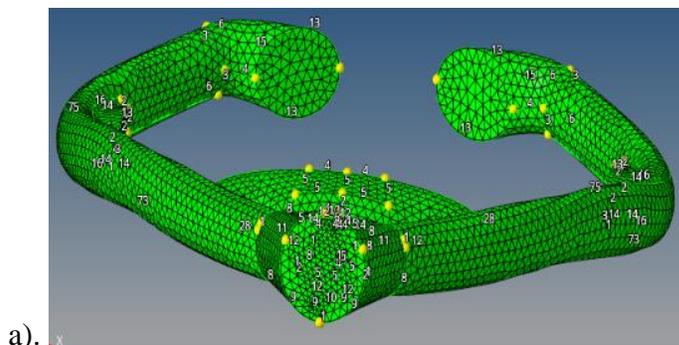
El área de la sección transversal de esta geometría esta propuesta en función de la patente (Warner & Number, 1991) con un diámetro interno de tubería de 9mm y un diámetro para el acoplamiento con la unidad dental de 11mm, con estas medidas se garantiza que el acoplamiento entre el dispositivo de succión y el equipo dental tengan un acoplamiento satisfactorio.

Se presenta el succionador para su simulación, se lo realizó en software CAD a modo que sus configuraciones geométricas sean evaluadas bajo simulación CFD en el programa HyperWorks, este procedimiento se lo muestra en la Tabla 7.

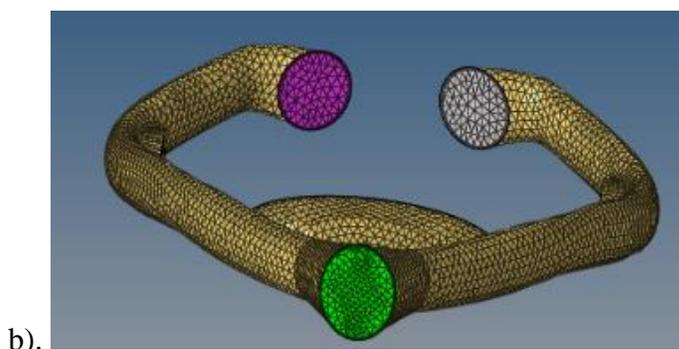
Tabla 7

Procedimiento de simulación en software HYPERMESH (primera geometría) “sim1”

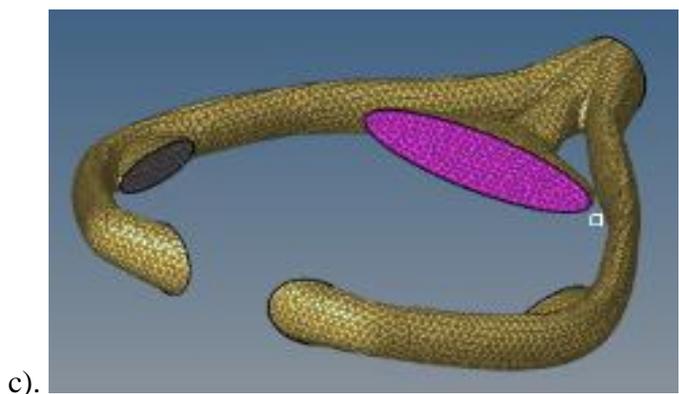
Mallado y simulación en software HYPERMESH para geometría 2D y 3D



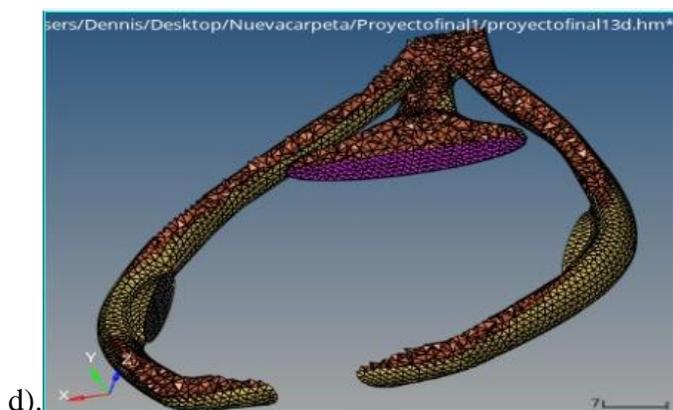
Geometría importada en formato IGES., se utilizó una malla fina (tamaño de elemento de 1mm) la cual ayuda para un mejor proceso de simulación.



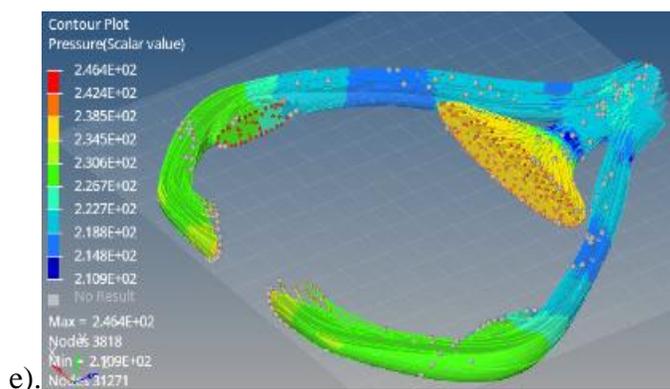
Se identifica los componentes de salida, entrada, pared, flujo, sólido entre otros, al haber exportado solo el fluido se necesita solo de entrada y salida.



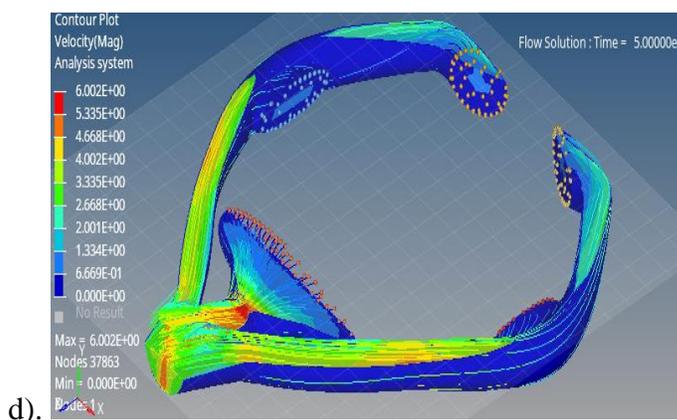
Identificación de los componentes que se desee, se procede a realizar el mallado en 3D o Tetramesh.



Se puede observar el mallado en 3D. Número de nodos 9442 creados, este mallado permite obtener ecuaciones para el cálculo de las variables en los nodos internos del flujo.



Se tiene el resultado gráfico de la simulación. Para este caso la presión aplicada se lo ejecuta con valor absoluto, sin considerar que la presión de succión es negativa, se juega con la disposición de entrada del flujo.



Velocidad del fluido en cada conducto. Se evidencia la funcionalidad de los principios de Bernoulli que establece que a menor área mayor velocidad de fluido, considerando las mismas condiciones para su comparación.

En la Tabla 7 se aprecia en la condición “velocidad” y se muestra el lugar donde se observa la escala de colores, correspondiendo rojo para más alta en el orden de 6 m/s y cyan para el valor de velocidad más bajo reflejado en el orden de 1.33 m/s, los valores de interés son los generados

en los puntos de succión que corresponden a un valor de 1, 2 y hasta 3 m/s que son inferiores a lo necesitado de 5 m/s. Por otro lado, se aprecia en la condición de “presión” al ingreso es donde se genera la mayor presión, esto para efectos de prueba y considerando que la presión se establece en la entrada del flujo.

Realizando una evaluación del uso del succionador y sus velocidades, su configuración no garantiza una funcionalidad deseada, tal que se plantea una nueva configuración con un sistema que consista en un ducto independiente para cada punto de succión de fluidos a distinta presión.

Los resultados obtenidos bajo la simulación CFD permiten llegar a la conclusión de que la geometría planteada no presenta uniformidad de velocidad en todos sus puntos de succión, de esta forma se plantea un nuevo enfoque con una geometría presentada en la Figura 28, donde se muestra una propuesta impresa.

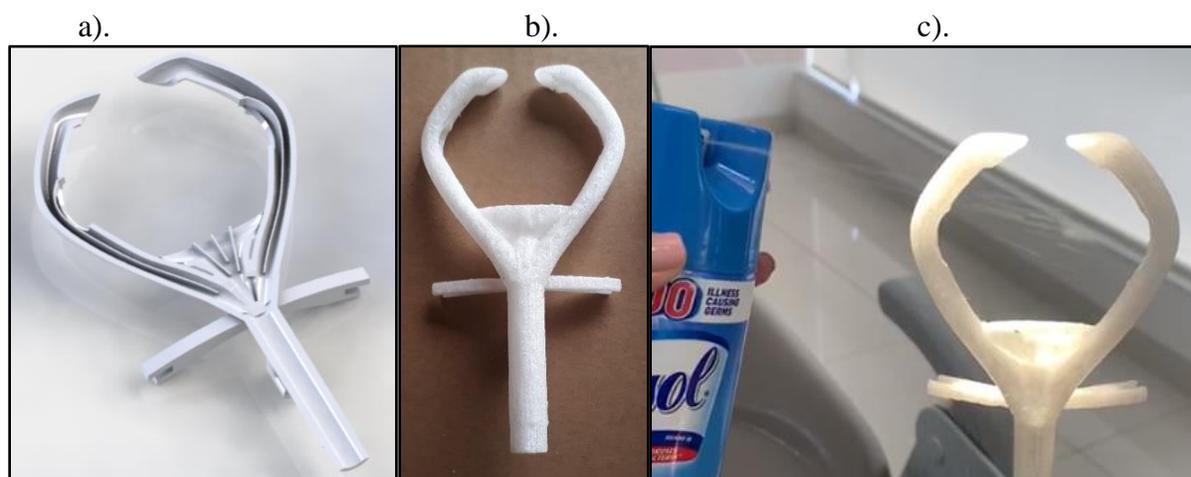


Figura 28: Configuración geométrica interna para uniformidad de aspiración en todos los puntos, propuesta generada para manufactura por deposición fundida de polímeros, sin embargo, no posee un diseño para manufactura por inyección de polímeros.

Con este cambio interno de la configuración geométrica se realiza el prototipo de la *Figura 28* se evalúa físicamente con la colaboración de la Ortodoncista Mayra Campaña, quien ha compartido

sus recursos para la validación física del producto, y manifiesta: “haber observado que el producto impreso en 3D si succiona aerosoles”, al ser una respuesta favorable se plantea el desarrollo de un diseño con el mismo principio, pero con requerimientos de diseño centrado en el usuario y se encuentra congruencia de que la succión con valores de velocidad de 3 m/s no son suficientes satisfacer una succión de volumen alto.

Fase Experimentación

Según (Docente & Estudios, 2008), (Romero & Barrionuevo, 2017) y (Romero & Barrionuevo, 2017) el diseño antropométrico es un pilar esencial en el diseño de productos, para el diseño del succionador es necesario respaldar las medidas de apertura bucal, bajo métodos estadísticos propuestos por (Göteborgs Högskola. et al., 2018), (Valero, 2011) en la Figura 29 se establece un protocolo de medición, con la finalidad de obtener una referencia dimensional de la cavidad bucal con su apertura máxima, bajo las recomendaciones de toma de medidas establecidas por (Insignares S.) se adapta este procedimiento en función de los requerimientos de usabilidad del producto.

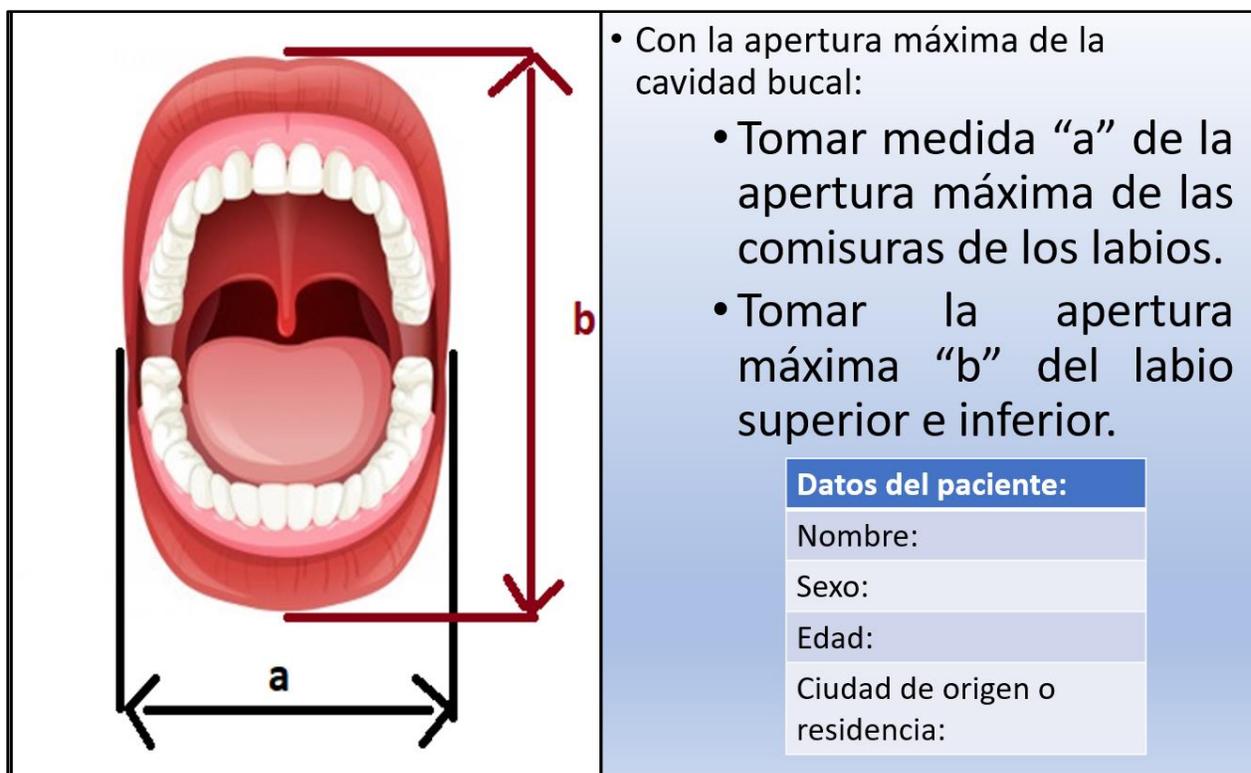


Figura 29: Toma de medidas con la apertura máxima de la cavidad bucal.

Con la colaboración de los odontólogos mencionados en la

Tabla 3, se realiza la medición de cavidades bucales con la apertura máxima de diferentes pacientes mismos que provienen de diversas zonas del país, con la finalidad de tener una referencia de las dimensiones de la población.

Tabla 8

Ejemplos tomados por odontólogos voluntarios del procedimiento de la toma de datos de varios pacientes, medidas “a” y “b” establecidas en la Figura 29

Forma de toma de medidas de “boca abierta”

Medida a

Se mide de comisura a comisura con la boca totalmente abierta

**Medida b**

Se mide desde el borde del labio superior hasta el borde del labio inferior



En la Tabla 8 se registra una toma de imágenes que has sido proporcionadas por varios odontólogos con la finalidad de evidenciar la toma de medidas de acuerdo con la Figura 29, de esta forma también se evidencia que el “Desing Thinking” es una metodología inclusiva desde la parte interesada como el usuario junto con autor.

Tabla 9

Tabulación de datos proporcionados por odontólogos voluntarios, medidas tomadas según la Figura 29, para obtener el percentil 95 para mujeres mediante método estadístico de frecuencias simples y acumuladas.

Valores de medidas a y b de mujeres						
	Paciente	Procedencia	Edad	Sexo	a(mm)	b(mm)
Paullete Borbor	Villar Romero María	Shushufinfi	50	Femenino	55	65
	Johanan Zavala	Shushufindi	27	Femenino	42	67
Luis Cortés	María Meza	Shushufindi	27	Femenino	50	65
	Milagros Vega	Latacunga	28	Femenino	55	50
	Joselyn Chavarria	Latacunga	26	Femenino	55	60
	Belen jerez	Latacunga	26	Femenino	60	55
	Dayanna Herrera	Latacunga	27	Femenino	50	50
	Dayana Salvatierra	Latacunga	26	Femenino	55	60
	Mónica Cortés	Quito	33	Femenino	53	70
Patricia Cortés	Daniela Vaca	Quito	29	Femenino	65	63
	Consuelo Zozoranga	Quito	57	Femenino	62	75
	Andrea Guayasamin	Quito	28	Femenino	55	72
	Mayté Chalen	Quito	51	Femenino	45	64
	Patricia Cortés	Quito	35	Femenino	55	65
Josselin Paredes	Shouny Espinosa	Quito	26	Femenino	58	67
	Germania Velasco	Píllaro	49	Femenino	41	60
Israel Espinosa	Mishel Paredes	Píllaro	23	Femenino	43	62
	Adriana Solís	Quito	44	Femenino	60	70
	Norma Ramos	Quito	40	Femenino	55	72
Israel Espinosa	Fernanda Morocho	Quito	27	Femenino	45	64
	Selene Amán	Quito	26	Femenino	65	63
	Carolina Mesias	Quito	36	Femenino	55	65
	Vivian Espinel	Ibarra	42	Femenino	68	77

Medida a	Frecuencia Simple	Frecuenciaa Acumulada	Medida b	Frecuencia Simple	Frecuenciaa Acumulada
41-44.9	3	3	50-54.9	2	2
45-49.9	2	5	55-59.9	1	3
50-54.9	3	8	60-64.9	8	11
55-59.9	9	17	65-69.9	6	17
60-64.9	3	20	70-74.9	4	21
65-69.9	3	23	75-79.9	2	23

Tabla 10

Tabulación de datos proporcionados por odontólogos voluntarios, medidas tomadas según la Figura 29, para obtener el percentil 95 para hombres mediante método estadístico de frecuencias simples y acumuladas.

Valores de medidas a y b de hombres						
	Paciente	Procedencia	Edad	Sexo	a(mm)	b(mm)
Luis Cortés	Remy Puertas	Latacunga	35	Masculino	70	75
	Bryan taipe	Latacunga	25	Masculino	65	75
	Robin Caiza	Latacunga	25	Masculino	70	85
	Daniel Velez	Latacunga	42	Masculino	70	80
	Juan Quispe	Latacunga	27	Masculino	60	65
Patricia Cortés	Marcelo Vargas	Loja	49	Masculino	60	80
	Israel Espinosa	Quito	36	Masculino	65	76
	Jacob Espinosa	Quito	30	Masculino	65	80
	David Morillo	Quito	53	Masculino	67	74
	Esteban Morillo	Quito	29	Masculino	52	73
Josselin Paredes	Roberto Velasco	Píllaro	35	Masculino	45	66
	Marco Paredes	Píllaro	53	Masculino	45	65
	Stalin Paredes	Píllaro	25	Masculino	46	68
	Cristian Morales	Quito	36	Masculino	70	90
Israel Espinosa	Omar Quelal	Quito	34	Masculino	65	73
	Salvador López	Quito	54	Masculino	70	70
	Manolo Salgado	Quito	46	Masculino	75	80
	Eduardo Chelén	Quito	38	Masculino	65	80
	Francisco Cacheñas	Quito	36	Masculino	72	84

Medida a	Frecuencia Simple	Frecuencia Acumulada	Medida b	Frecuencia Simple	Frecuencia Acumulada
45-50.5	3	3	65-70.5	5	5
50.6-55.9	1	4	70.6-76.1	6	11
56-61.5	2	6	76.2-81.7	5	16
61-67.1	5	11	81.8-87.3	2	18
67.2-72.7	6	17	87.4-92.9	1	19
72.8-78.3	1	18			

Una vez se ha obtenido el resultado de las frecuencias simples y acumuladas se procede a realizar los cálculos de las variables que están en función de los datos obtenidos, para ello se muestra en la Tabla 11 y Tabla 12 los resultados y la secuencia de cálculo de los diferentes valores que se requieren para obtener el percentil deseado que para este caso se lleva a cabo el percentil 95.

Tabla 11

VARIABLES Y SUBVARIABLES CALCULADAS DEPENDIENTES DE LAS MEDIDAS Y FRECUENCIAS CALCULADAS PARA MEDIDA “a” Y “b” DE MUJERES.

Datos de entrada			
Medida a Mujeres		Medida b Mujeres	
VARIABLE	VALOR	VARIABLE	VALOR
a Máxima	68	b Máxima	77
a Mínima	41	b Mínima	50
Rango $R = a_{max} - a_{min}$	27	Rango $R = b_{max} - b_{min}$	27
# datos (n)	23	# datos (n)	23
Marca de Clase $m = 1 + 3.33 * \log(n)$	5.53	Marca de Clase $m = 1 + 3.33 * \log(n)$	5.53
Intervalo $C = R/m$	4.88	Intervalo $C = R/m$	4.88
$C_n = (\#percentil * \#datos) / 100$	21.85	$C_n = (\#percentil * \#datos) / 100$	21.85
$K_n = C_n - (\text{Frecuencia acumulada que no sobrepase } C_n)$	1.85	$K_n = C_n - (\text{Frecuencia acumulada que no sobrepase } C_n)$	0.85
RESULTADOS PERCENTIL 95 PARA CADA MEDIDA DE MUJERES			
$P_n = \text{Marca de clase de la frecuencia acumulada escogida} + ((K_n * C) / \text{frecuencia simple siguiente a la acumulada escogida})$	67.91	$P_n = \text{Marca de clase de la frecuencia acumulada escogida} + ((K_n * C) / \text{frecuencia simple siguiente a la acumulada escogida})$	74.90

Tabla 12

VARIABLES Y SUBVARIABLES CALCULADAS DEPENDIENTES DE LAS MEDIDAS Y FRECUENCIAS CALCULADAS PARA MEDIDA “a” Y “b” DE HOMBRES.

Datos de entrada			
Medida a Hombres		Medida b Hombres	
VARIABLE	VALOR	VARIABLE	VALOR
a Máxima	75	b Máxima	90
a Mínima	45	b Mínima	65
Rango $R = a_{max} - a_{min}$	30	Rango $R = b_{max} - b_{min}$	25
# datos (n)	19	# datos (n)	19
Marca de Clase $m = 1 + 3.33 * \log(n)$	5.26	Marca de Clase $m = 1 + 3.33 * \log(n)$	5.26
Intervalo $C = R/m$	5.71	Intervalo $C = R/m$	4.75
$C_n = (\#percentil * \#datos) / 100$	18.05	$C_n = (\#percentil * \#datos) / 100$	18.05
$Kn = C_n - (\text{Frecuencia acumulada que no sobrepase } C_n)$	0.05	$Kn = C_n - (\text{Frecuencia acumulada que no sobrepase } C_n)$	0.05
RESULTADOS PERCENTIL 95 PARA CADA MEDIDA DE HOMBRES			
$P_n = \text{Marca de clase de la frecuencia acumulada escogida} + ((Kn * C) / \text{frecuencia simple siguiente a la acumulada escogida})$	78.59	$P_n = \text{Marca de clase de la frecuencia acumulada escogida} + ((Kn * C) / \text{frecuencia simple siguiente a la acumulada escogida})$	87.54

De este cálculo se obtiene que la media “a” para mujeres según el percentil 95 es de 67,91mm, la medida “b” para mujeres según el percentil 95 es de 74,90mm, mientras que para hombres la medida “a” según el percentil 95 es de 78,591mm, la medida “b” para hombres según el percentil 95 es de 87,54mm. Como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13

Percentil 95 de las medidas “a” y “b” de mujeres y hombres.

RESULTADOS PERCENTIL 95 PARA CADA MEDIDA DE HOMBRES Y MUJERES			
Medida a Mujeres	67.91	Medida a Hombres	78.6
Media b Mujeres	78.59	Media b Hombres	87.5

Para el diseño del conducto para el paso de fluido, es importante considerar que la velocidad de succión debe ser mayor a 5 m/s, según el estudio planteado por (Chen et al., 2010) descrito en el estado del arte, dicha velocidad es a la que una partícula de aerosoles sale desprendida en las prácticas dentales. Por otro lado, se tiene la variación del caudal que se suministra de los compresores que cada odontólogo posee como instrumento de trabajo, este caudal depende de la “unidad de mantenimiento” y de la capacidad del compresor para suministrar a la bomba de vacío, mientras mayor caudal se le emita a la bomba de vacío mayor va a ser la capacidad de succión. Tal es que para este estudio se requiere comparar las velocidades de succión de cada uno de los puntos propuestos en la geometría.

Según la patente (Warner & Number, 1991) que establece los diámetros de acoplamiento de conductos neumáticos para instrumental aplicado directamente a la zona bucal se requiere un área de 28mm^2 tal que se propone una geometría de fluido con una trifurcación y dos bifurcaciones con el objetivo de canalizar un conducto independiente para la succión superior, succión intermedia y succión principal tal como se muestra en la Figura 30, estos conductos tienen una

sección transversal diferente a la de un círculo, que permite tener un producto con un área igual a la recomendada pero con otra geometría, de esta forma la evaluación CFD corroborará la funcionalidad de la misma junto con el principio de continuidad.

Para tener una perspectiva de la conducción de partículas succionadas a través de esta geometría se plantea la segunda simulación CFD por principio de continuidad que permita realizar la validación de una velocidad uniforme en sus conductos, para este modelamiento se utilizan condiciones de Eulerian-Lagrange como recomiendan (Manjula et al., 2017), (Kovacevic, 2005), (Grado et al., 2016) para fluidos turbulentos y dispersos, y que también se tiene como alternativa de configuración en el software HyperMesh. En la Tabla 14 se presenta el procedimiento para la simulación CFD de la nueva geometría del fluido, en su parte “c)” se evidencia que la velocidad de succión en los puntos de estrangulamiento toma valores de 18m/s pero no menor de 6m/s, siendo lo necesario 5.1m/s.

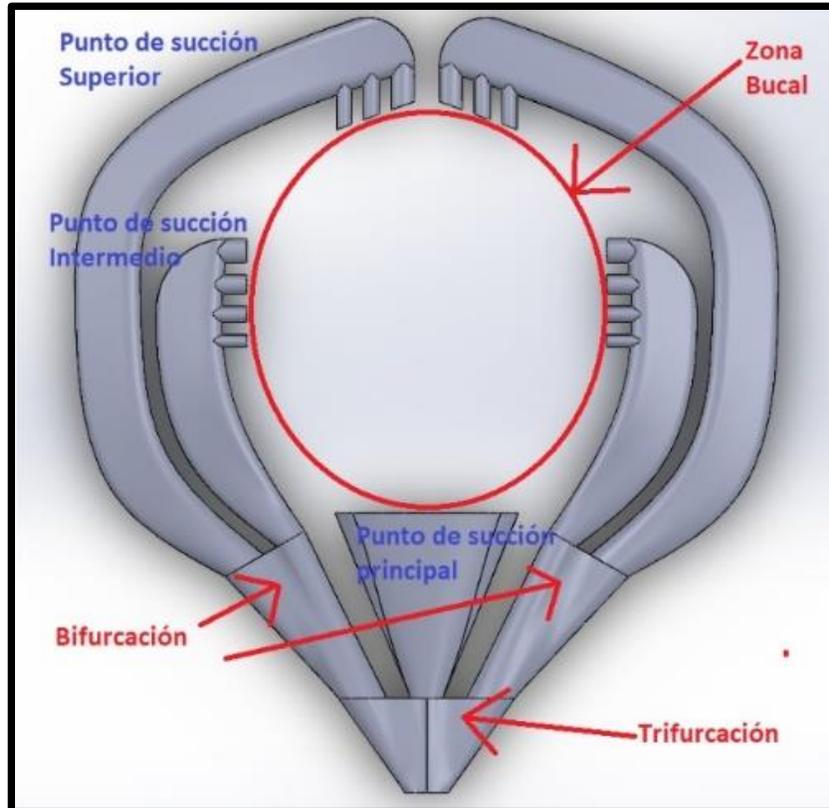
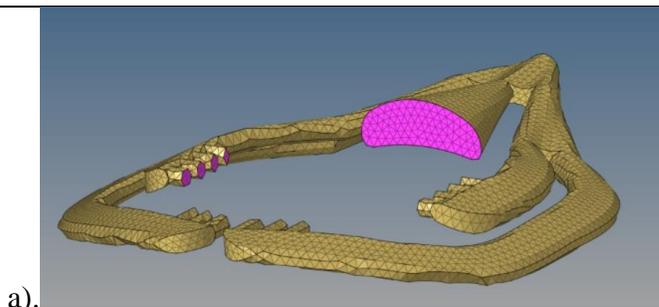


Figura 30: Geometría de succión del fluido.

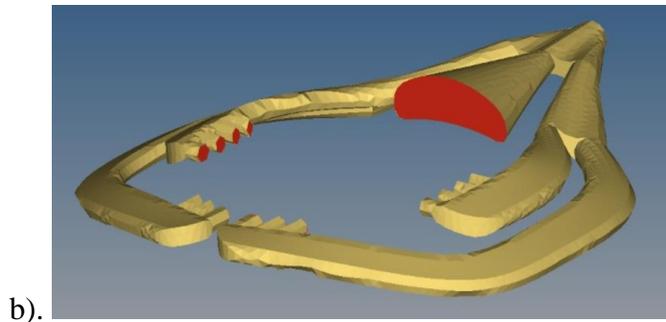
Tabla 14

Procedimiento general de la segunda simulación "sim2".

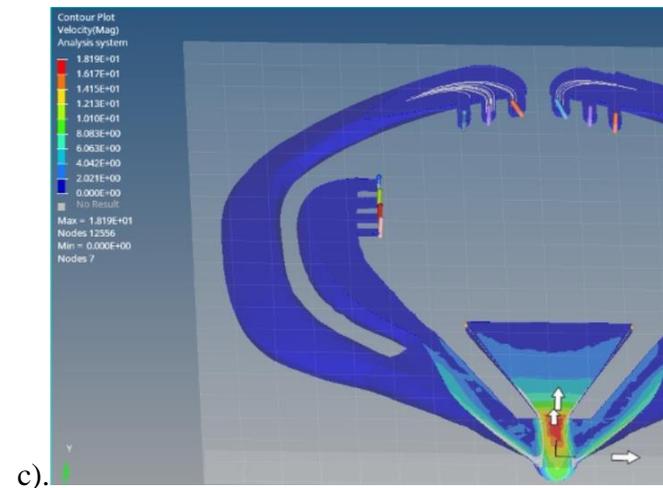
Procedimiento general de la segunda simulación.



Se realiza un mallado con tamaño de elemento de 1.5 mm.



Se identifican los puntos de succión para su procesamiento. Se omite imágenes repetitivas de mallado tetraedrico del fluido.



Con la gama de colores ejecutada en el Software HyperMesh se observa una velocidad máxima de succión de 18m/s, mientras que en las bifurcaciones se observa una velocidad del fluido de 4m/s. La configuración geométrica interna de los conductos no presenta la funcionalidad deseada, se requiere un rediseño de la geometría del flujo

En la Tabla 14 se muestra el análisis CFD de la nueva configuración geométrica o segunda geometría planteada. En la sección “a)” se realiza un mallado con tamaño de elemento igual a 1,5mm. Se aumenta el 50% del tamaño de elemento comparado con la primera geometría con el objetivo de reducir costos computacionales y optimizar los recursos del ordenados, en la sección “b)” se tiene la selección de puntos por donde ingresa el fluido, marcados con color rojo. Finalmente se tiene la sección “c)” resultado de velocidad en diferentes puntos de la geometría con su respectivo código de colores que indica que la mayor velocidad obtenida es de 18m/s y en el lugar de bifurcación de conductos, mientras en los puntos de succión las velocidades caen al

orden de 4m/s, esto indica que la configuración geométrica planteada para que el fluido recorra no es la más ideal. Es necesario una nueva iteración geométrica.

Consecuentemente a la geometría analizada e independientemente de los datos obtenidos se realiza una propuesta del producto final para una indagación a los usuarios. Se realiza la propuesta de una nueva geometría conceptual que se encuentra mostrada en la Figura 31 donde se plantea un sistema de ensamble de 2 partes, que permite que el producto se abra para facilitar la limpieza interna de los conductos, posee sistemas de “claves de uso” que permiten al usuario orientarse para el desensamble del mismo sin mencionar que su enfoque geométrico está direccionado a una futura manufactura por inyección de polímeros, donde se deberá tomar en cuenta la contracción de material para que sus partes ensamblen. Además, su geometría externa también permite una manufactura por proceso de “soplado” que permite reducir costos de producción con la particularidad de que serían productos desechables y de 1 solo uso, el tipo de manufactura a emplear queda sujeto a análisis para un futuro estudio.



Figura 31: Propuesta diseñada en software CAD.

En concordancia con (Romero & Barrionuevo, 2017) se establece que la ergonomía de contacto Humano-Producto debe ser enfocada a la aplicación de sus fuerza en tejidos “duros” que

comúnmente son tejidos óseos, tal que los tejidos blandos no presenta uniformidad al momento de aplicar una fuerza, bajo esta consideración se enfoca este diseño conceptual a la aplicación de sus fuerzas en la quijada por la parte inferior y desde otro punto superior se apoya en el tejido óseo del maxilar superior como se lo muestra en la Figura 32.



Figura 32: Enfoque ergonómico del producto sobre la aplicación de las fuerzas en tejidos duros, como lo recomienda (Romero & Barrionuevo, 2017), aplicando en el maxilar superior y maxilar inferior.

La propuesta debe tener una congruencia y correlación directa entre la geometría del fluido, la geometría ergonómica y la antropometría, según lo mencionado por (Galindo-Ramirez et al., 2012) conforme a las medidas bucales, se utiliza la medida Sn-Ls igual a 23.03mm menos una desviación estándar 2.85mm (ver Figura 19), teniendo una medida final de referencia para esa dimensión igual a 20.18mm, dicha dimensión debe ser considerada como un espacio mínimo de diseño de tal forma que el producto se acople, como se muestra en la Figura 32 a la medida pequeña más extrema de la población tal que pueda apoyarse y ejercer fuerzas al posicionar el producto en su utilización.



Figura 33: Propuesta de geometría ergonómica, centrada en el usuario, posee claves de uso, puntos ergonómicos y adaptador ajustable para mayor versatilidad en su uso, permitiendo al odontólogo explorar en las cavidades más profundas, sin necesidad de usar un retractor bucal.

Una vez establecido el percentil 95 para varones se plasma las dimensiones en la geometría tal que permita a varios usuarios tener un uso funcional del producto. En la Figura 34 se puede observar las cotas establecidas para las medidas requeridas en función de la Figura 29.

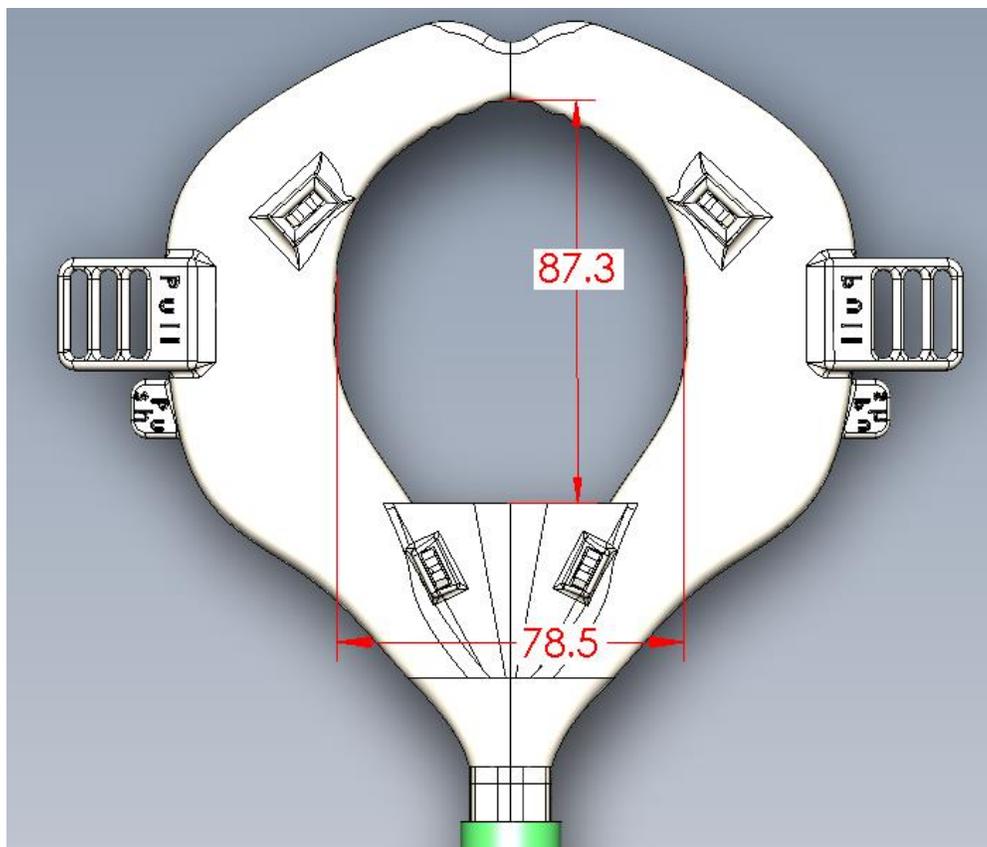


Figura 34: Dimensiones plasmadas con percentil 95 para hombre, satisface también a los percentiles 95 de mujeres y percentiles menores

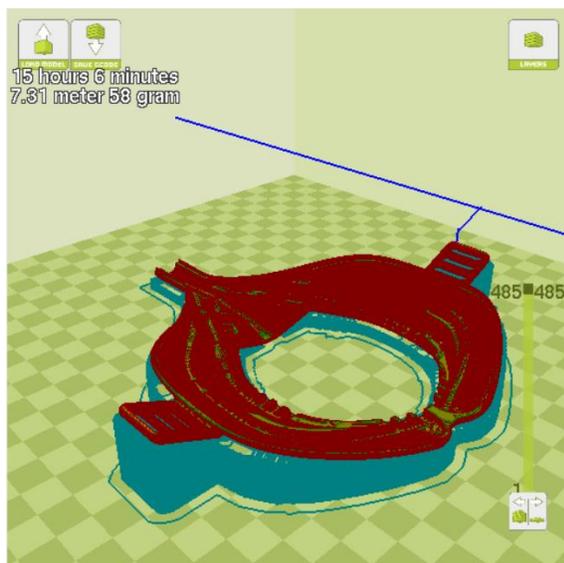
Esta propuesta geométrica es manufacturada con deposición fundida, que ha permitido realizar prototipos en tiempo relativamente corto de un sistema diseñado. Los parámetros empleados son en función de las recomendaciones de (Bordignon et al., 2018), (Naranjo Robledo, 2015), donde establecen que los valores más bajos de espesores de capa permiten tener una mejor calidad de pieza y acabado, además que aumenta la precisión dimensional. Se han realizado impresiones separadas para cada caso de parte, de tal forma que se evitan los desplazamientos y retracciones, y al mismo tiempo se evitan menos líneas e hilos que se producen por el traslado de la boquilla de un punto a otro sin ejercer la función de impresión, fenómeno conocido como “Skin” según el software CURA 21.00 para la impresora LULBOTTAZ 6.

Tabla 15

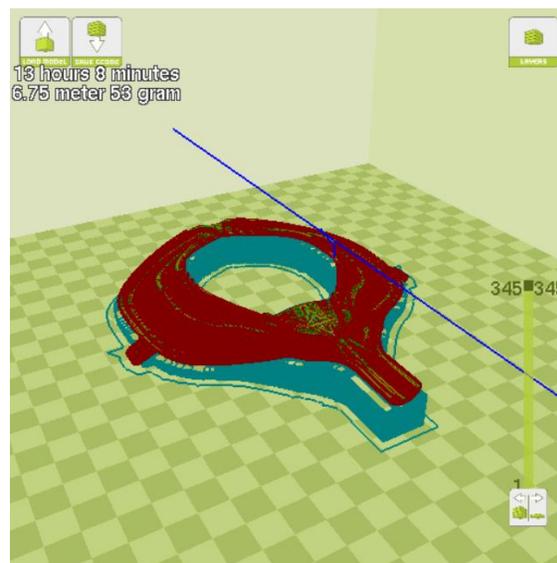
Proceso de impresión 3D.

Descripción general del prototipado rápido

a).



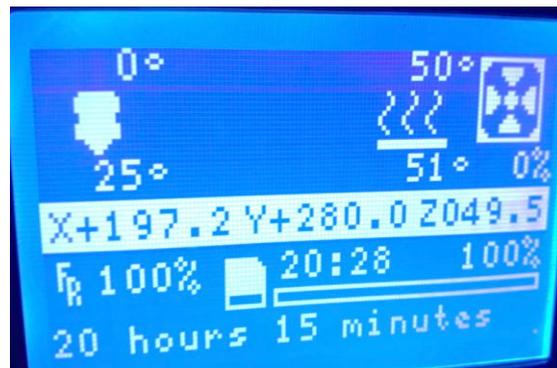
b).



c).



d).



La geometría en formato “.STL” se importa en el software de laminación para la configuración de los parámetros de impresión, para el caso “a)” se obtiene un tiempo total de impresión de 15 horas y 6 minutos, mientras que para el caso “b)” se obtiene un tiempo de impresión de 13 horas con 8 minutos.

Terminada la impresión en la sección “c).” se observa que los detalles pequeños son reflejados con nitidez producto de la configuración de espesor de capa igual a 0.05mm, mientras que en “d).” se muestra una imagen de la pantalla de la impresora una vez que ha terminado la impresión, existiendo un desfase de tiempo entre lo calculado por el software y la impresión real, siendo este un factor para considerar en futuras impresiones de larga duración.

Fase Evolución

Siguiendo las fases de “Desing Thinking” y con los antecedentes de las fases iniciales, el prototipo propuesto se lo modifica geoméricamente tomando consideraciones para elevar la funcionalidad del producto, cumpliendo con la “Evolución” del mismo realizando un rediseño en los conductos y sus dimensiones para con una nueva simulación evaluar el comportamiento del fluido.

Los principales problemas que se evidenciaron en las simulaciones anteriores son que al tener varios puntos de succión para un solo ramal se presenta caída de velocidades en el conducto, al haber más áreas expuestas a la atmosfera se reduce la capacidad de succión por cada ramal, otro problema identificado es que el punto de succión principal, mismo que está conformado por un área más grande presenta de igual forma una caída de velocidad, identificándose una velocidad deseada en los puntos más alejados del área de succión, perjudicando a la funcionalidad del producto, tomando estas consideraciones se realiza un cambio geométrico para reducir los puntos de succión de cada ramal y el área de succión principal.

Al ser una fase de evolución y para dar su cumplimiento se considera recomendaciones de configuración de las condiciones de borde iniciales de los fluidos que van a ser succionados, en la

Figura 35 se presenta las consideraciones del fluido aplicadas que son recomendadas por (*Altair AcuSolve 2019 チュートリアル*, 2019), fabricante del software HyperMesh, para la simulación de fluidos en condiciones de multi fase, el fluido en análisis está conformado por aire en su mayor proporción correspondiendo a un 95%, tomando las experiencias de (Kun-Szabó et al., 2021), y la diferencia del 5% se otorga al conjunto de fluidos entre ellos salía, agua, sangre, como todo un conjunto, pese a que sus composiciones y densidades son diferentes, se adopta esta consideración para obtener un resultado aproximado del cómo va a ser el comportamiento del fluido, cabe recalcar que la configuración geométrica va a proporcionar resultados iguales o similares para fluidos similares, si la densidad del fluido en conjunto, cambia en bajas proporciones por aumento o disminución de uno u otro de sus componentes el comportamiento del flujo va a ser semejante, ya que los fluidos inmiscuidos están en densidades de orden similar.

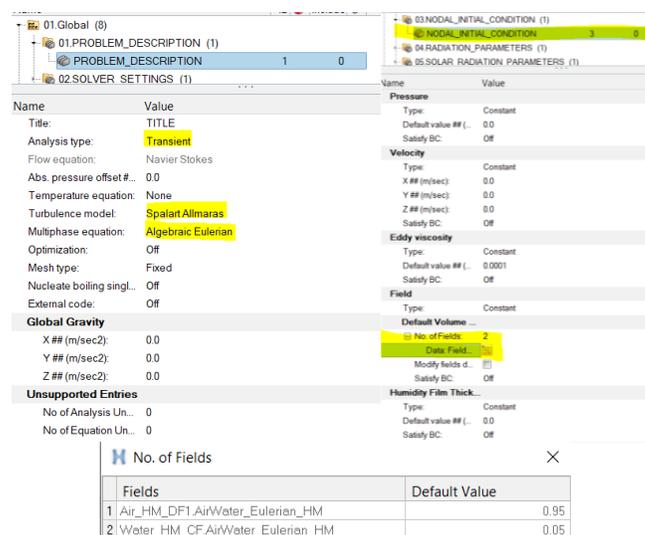


Figura 35: Configuración de las condiciones globales para la simulación y comportamiento del fluido.

Para las siguientes simulaciones se mejora la calidad de malla, definiendo 3 capas adyacentes a las paredes del fluido con un incremento del “0% en su espesor de capa, al tener más

densidad de nodos se obtendrán resultados más aproximados, también se reduce el costo computacional reduciendo la geometría a la mitad, al ser una geometría que presenta una simetría se aprovecha para analizar la mitad de esta, reduciendo el número de nodos y por ende el tiempo de cálculo que realiza el programa. Esta descripción se aplica a todas las simulaciones consecuentes a partir de este punto y se muestra en la Figura 36.

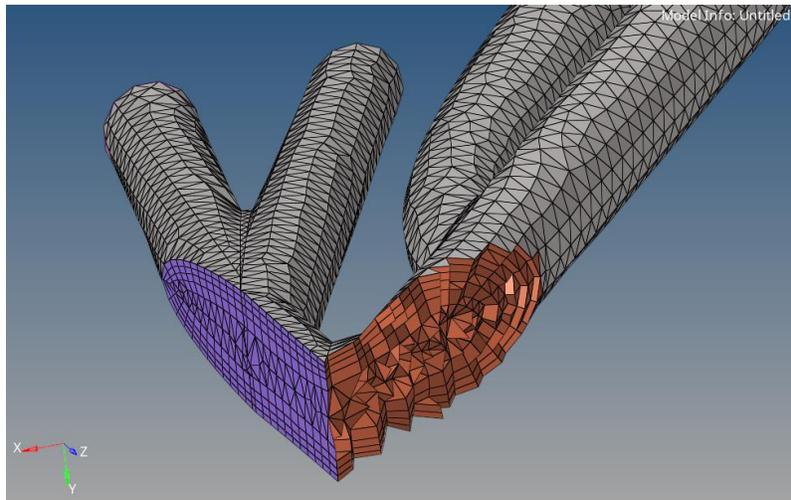


Figura 36: Vista interna del mallado tetraédrico de la mitad de la geometría respecto a su plano de simetría.

Se realiza 3 iteraciones de simulación hasta encontrar la configuración geométrica que permita un flujo más ordenado junto con igualdad en sus características de succión en todos sus puntos asignados, este procedimiento se muestra en la Figura 37 hasta la Figura 42. Este procedimiento permite evolucionar al producto para una funcionalidad adecuada.

A continuación, se presenta simulaciones efectuadas bajo diferentes iteraciones geométricas de todo el fluido en análisis

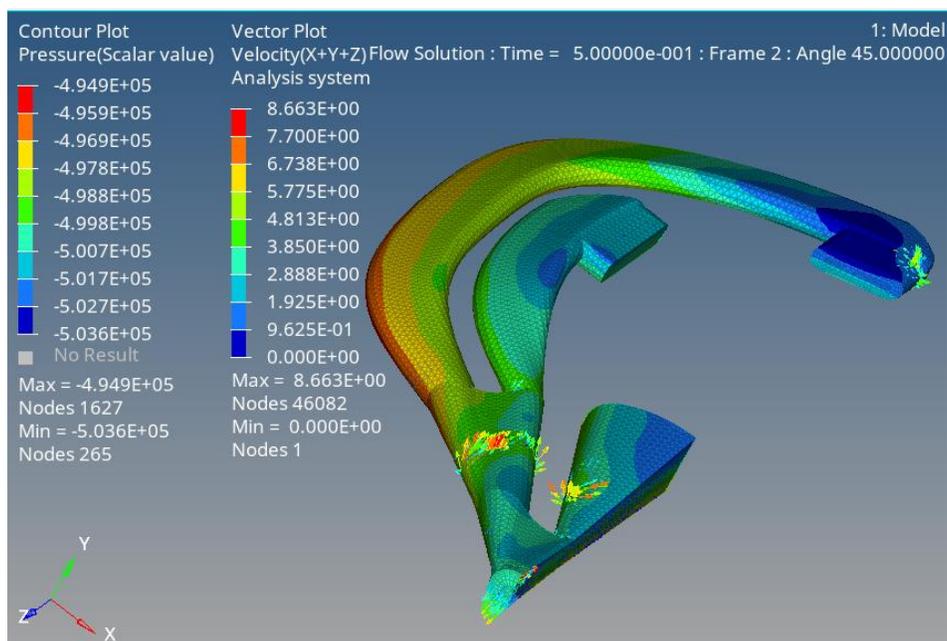


Figura 37: Simulación CFD 3.

En la Figura 37 se evalúa las presiones en los ramales, tiene un área formada por ranura recta, misma que presenta caídas de presión en las zonas pigmentadas con color rojo, la presión en los puntos de succión no es uniforme. Los vectores de velocidad no se muestran uniformes, la geometría aun no presenta condiciones adecuadas para su funcionamiento.

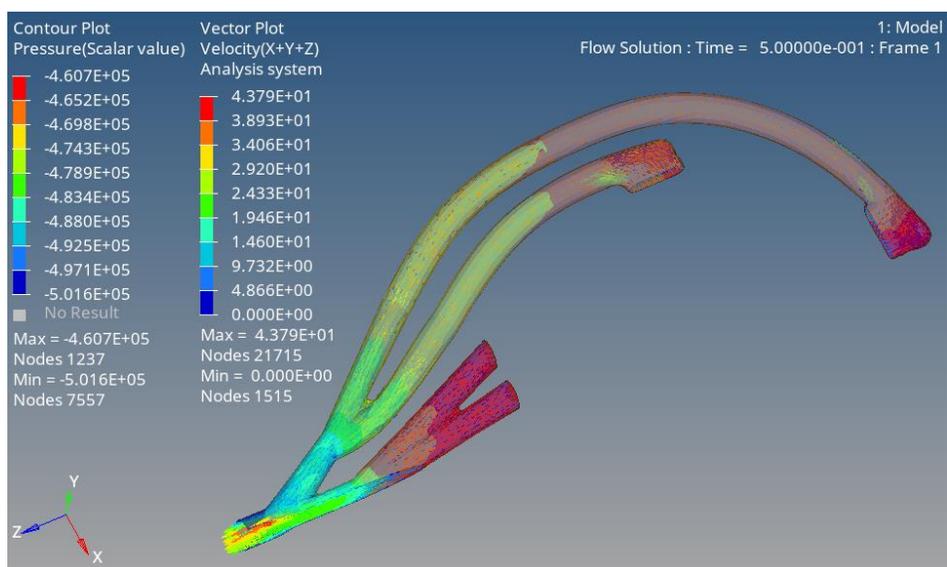


Figura 38: Simulación CFD 4.

En la Figura 38 Se reduce el área de sección de los conductos de transporte del fluido, se evidencia una uniformidad en la presión generada, sin embargo, los puntos de succión se notan con caídas de presión en sectores pigmentados con rojo. Los vectores de velocidad se muestran homogéneos en los puntos de succión, es favorable para la funcionalidad.

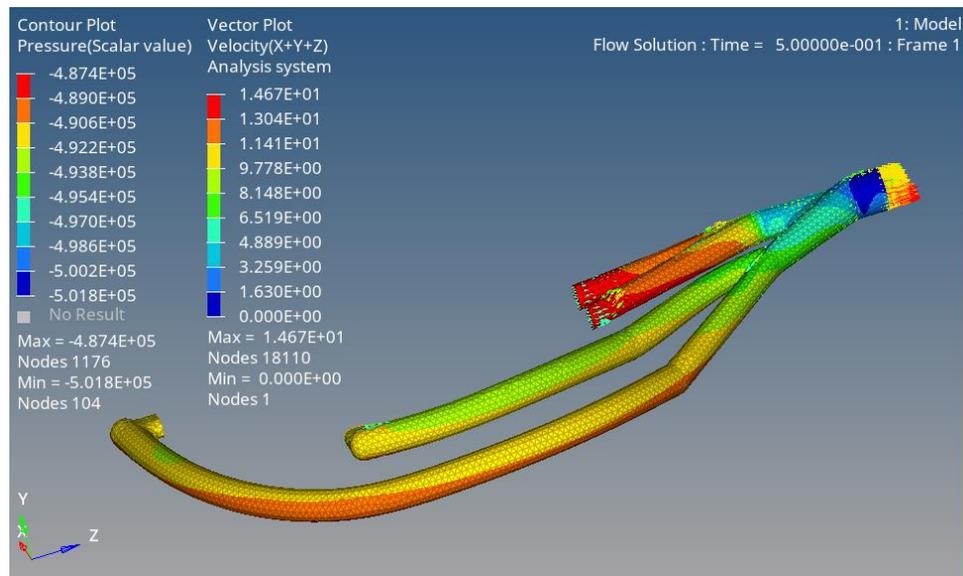


Figura 39: Simulación CFD 5.

En la Figura 39 se corrige el área de succión, reduciendo la misma en función de las caídas de presión visualizadas en la simulación 5. Los vectores de velocidad están correlacionados con la simulación 4 y se evidencia un transporte más ordenado del fluido.

Por otro lado se presenta simulaciones de puntos críticos para análisis con iteraciones de diferentes geometrías.

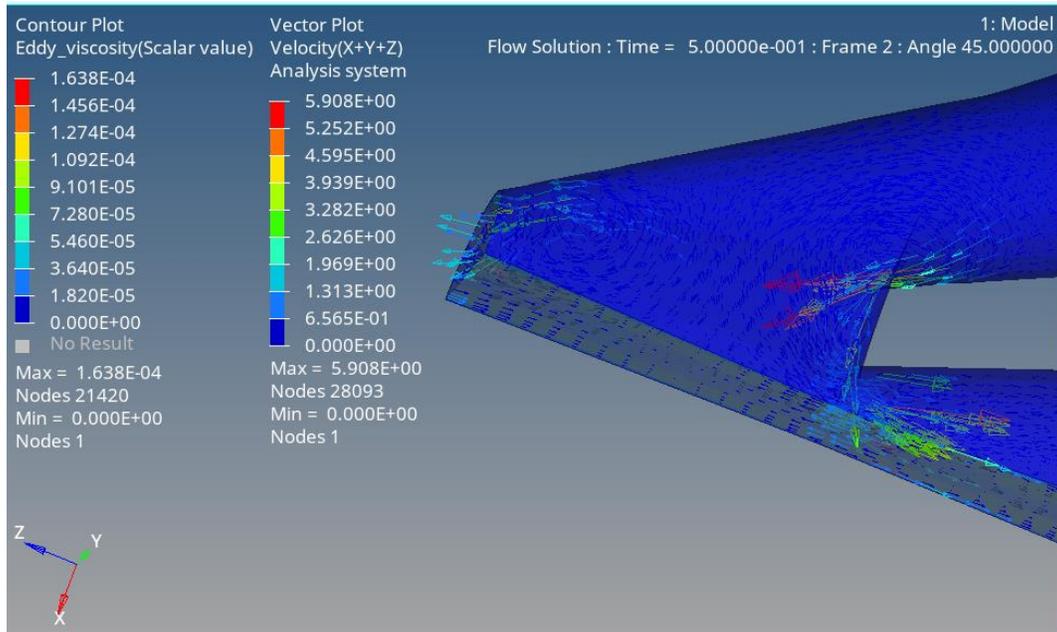


Figura 40: Simulación CFD 3 puntos críticos.

En la Figura 40 la convergencia geométrica de los fluidos se evidencia desalineada, creando turbulencia mostrado por los vectores de velocidad, que adoptan direcciones no deseadas en la bifurcación mostrada, se requiere rediseño geométrico.

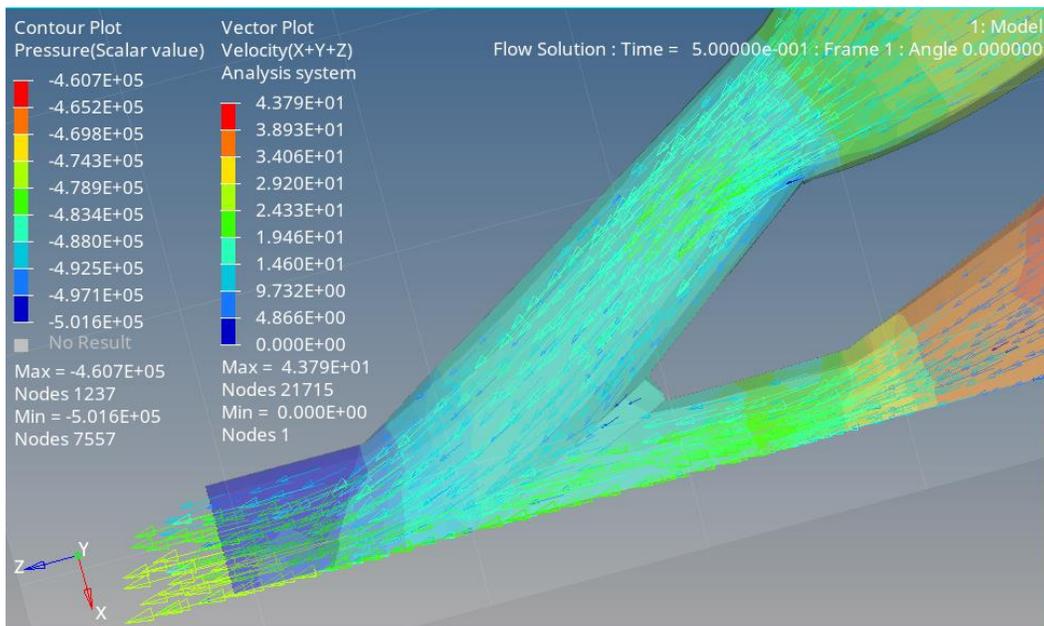


Figura 41: Simulación CFD 4 puntos críticos.

En la Figura 41 Previo al rediseño geométrico se visualiza que los vectores de velocidad adoptan direcciones definidas y ordenadas en la bifurcación geométrica del fluido, permitiendo al fluido evitar pérdidas de presión o desalineación turbulenta del fluido.

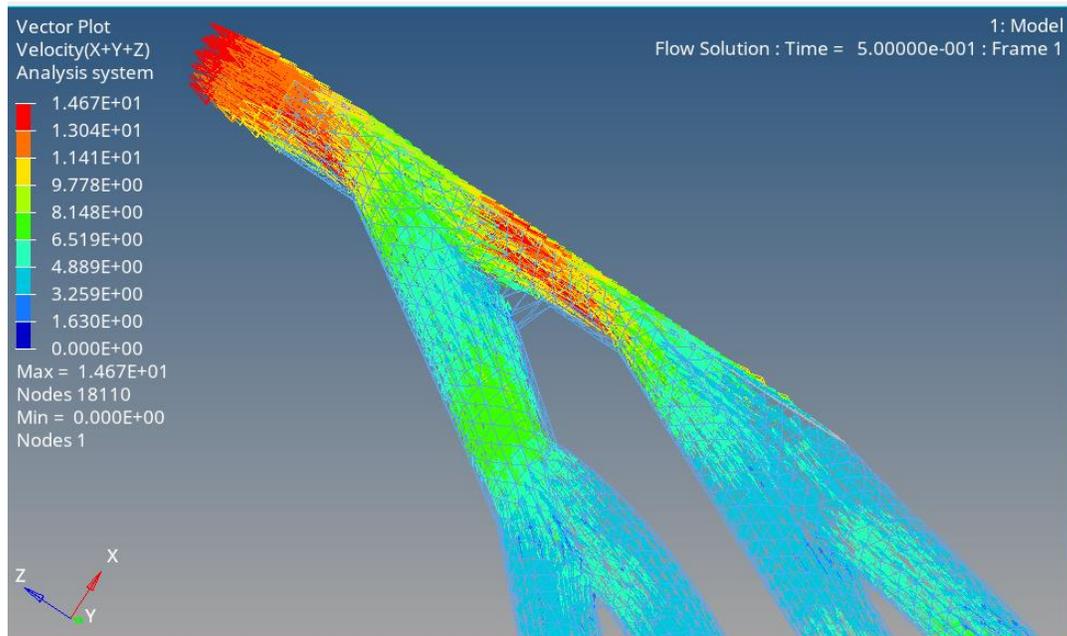


Figura 42: Simulación CFD 5 puntos críticos.

Una vez se ha establecido la configuración geométrica que favorece a la funcionalidad de succión de partículas se ejecuta la geometría exterior del producto considerando las anteriores aplicaciones de claves de uso, dimensiones, ergonomía de las partes en contacto con el usuario, elementos de acople. A la vez se propone dos posibles formas que pueden ser manufacturadas bajo sistemas de inyección o soplado.

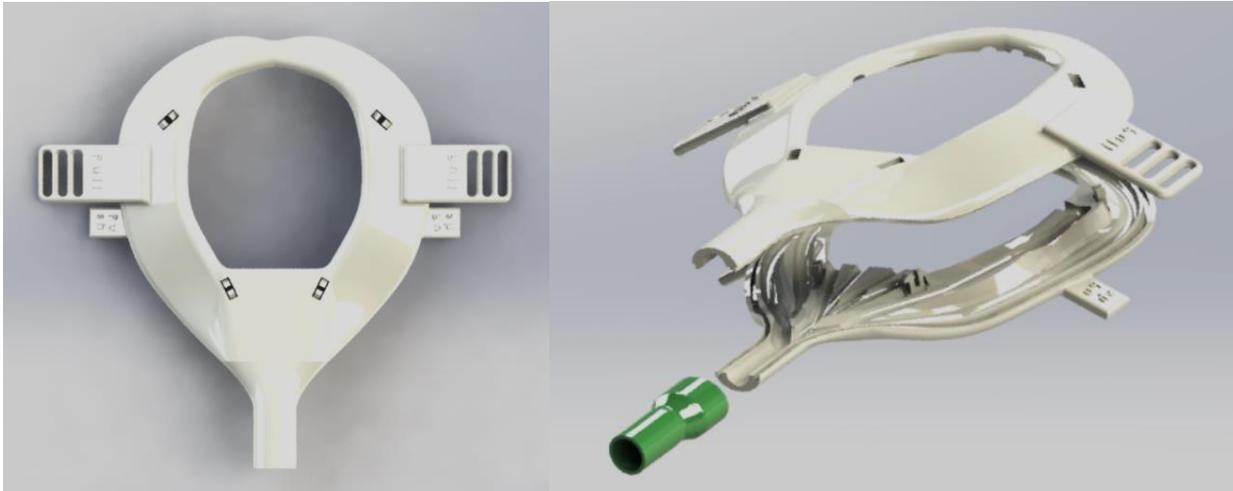


Figura 43: Rediseño de producto con geometrías más suaves conservando las consideraciones de ergonomía planteadas en la fase Ideación. Esta propuesta está enfocada para una manufactura por inyección de polímeros para obtener un producto con una larga vida útil.

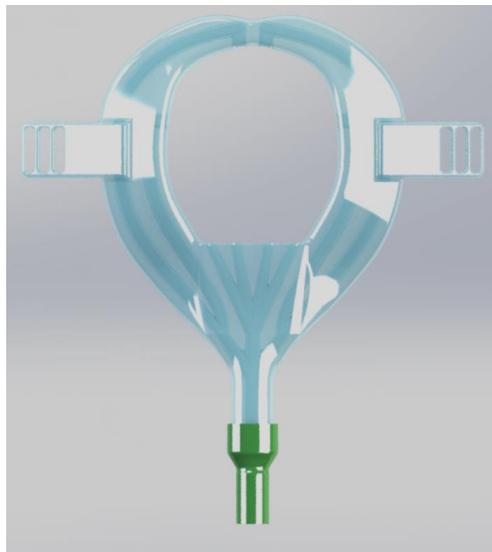


Figura 44: Configuración geométrica de alternativa de producto para manufactura por “soplado”, no requiere alta complejidad de diseño de molde y se reduce el costo de manufactura, es un prototipo desechable.

En la Figura 43 y Figura 44 se presenta dos probabilidades de productos para dos sistemas de manufactura deferente, mismas que quedarás en objeto de estudio para futuras investigaciones abiertas a la comunidad, dichas alternativas son por manufactura por inyección de polímeros y la segunda opción es para un sistema de soplado, la manufactura por inyección de polímeros

permite obtener un producto para una vida útil prolongada, sin embargo presenta un mayor costo de adquisición por su complejidad de fabricación, mientras que la segunda opción es para un sistema de manufactura por soplado de aire que permite obtener productos con un costo menos de inversión en sus moldes, sin embargo el producto final presenta una vida útil de 1 sola vez.

Resultados

Indagación a usuarios

En la Figura 45 se encuentra los resultados de la ponderación de resultados de cada uno de los odontólogos que han participado voluntariamente como usuarios encuestados, tal que se evidencia cognitivamente que la propuesta 4 que es un Succionador facial apoyado mismo que corresponde al color amarillo, predominando su puntuación bajo todas las cualidades planteadas. Se cumple con la segunda etapa del Desing Thinking.

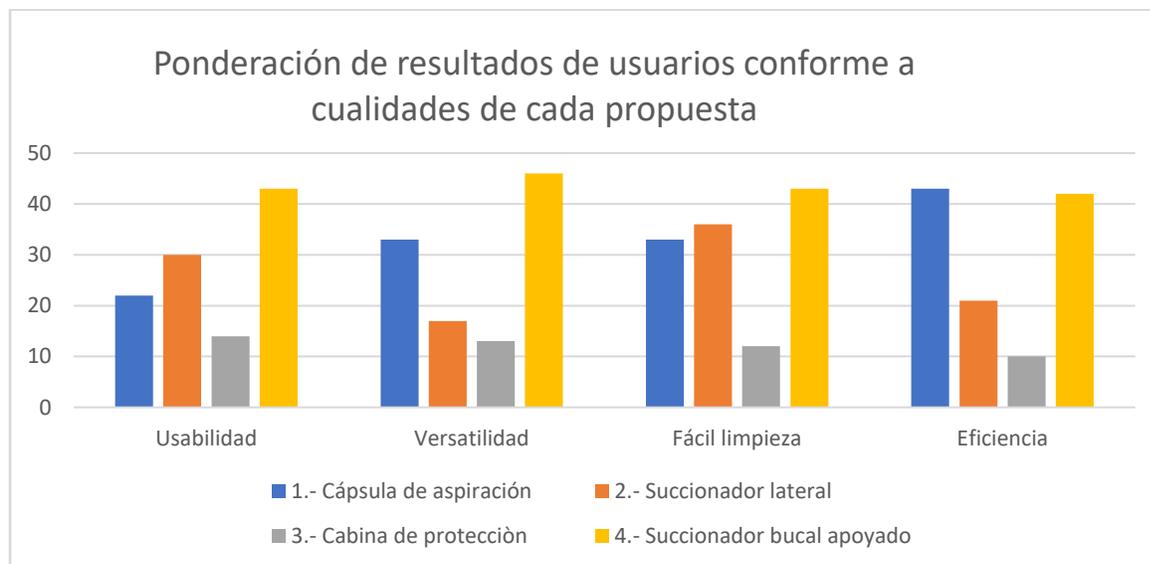


Figura 45: Diagrama de barras de los resultados de ponderación, se ratifica la inclinación del usuario hacia la propuesta 4 correspondiente a un succionador bucal apoyado.

En cuanto a la impresión 3D de la propuesta, existen los siguientes resultados de acuerdo con el tiempo de impresión ejecutado, siendo importante que según el software Cura 21.00 se estableció un tiempo de impresión de 15 horas, a tal punto que físicamente finalizo luego de las 20 horas como muestra en la Figura 46.

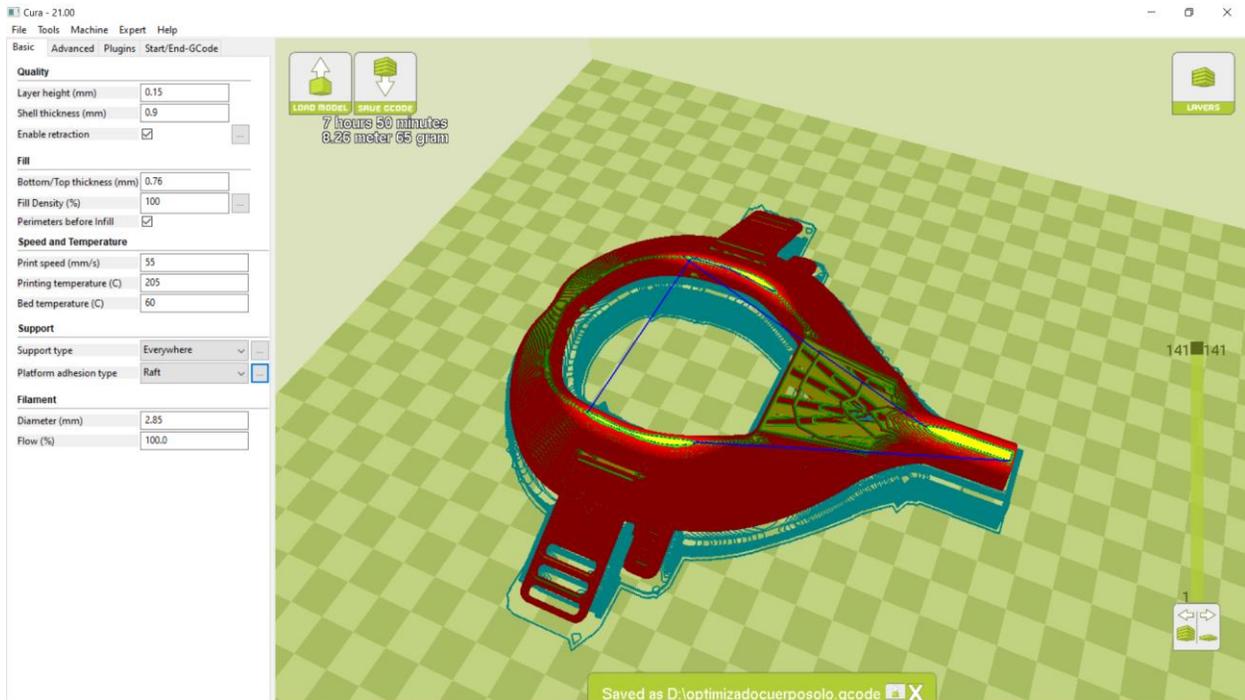


Figura 46: Tiempo empleado en la impresión de la parte superior de la geometría.

Resultado CFD

La comparativa entre las dos geometrías planteadas demuestra que el área de 28mm permite tener velocidades de fluido superiores a 5m/s, en la Tabla 11 y Tabla 12 se tiene el literal “a” donde se visualiza que el análisis de convergencia del mallado respecto a los resultados tiende a una convergencia, mientras que para la segunda geometría de fluido el análisis de convergencia de resultados respecto a la malla, presenta una no convergencia sin embargo tiende a una linealidad, lo que no sucede con la primera geometría de fluido. Pese a que se tiene análisis de convergencia

totalmente diferentes, se tiene velocidades tal que la segunda geometría de fluido presenta 3 veces más velocidad máxima en diferentes puntos, mientras que la velocidad máxima de fluido de la primera geometría es igual a 6, esto determina que la segunda geometría de fluido tiene la capacidad de absorber 3 veces más el fluido en el tiempo.

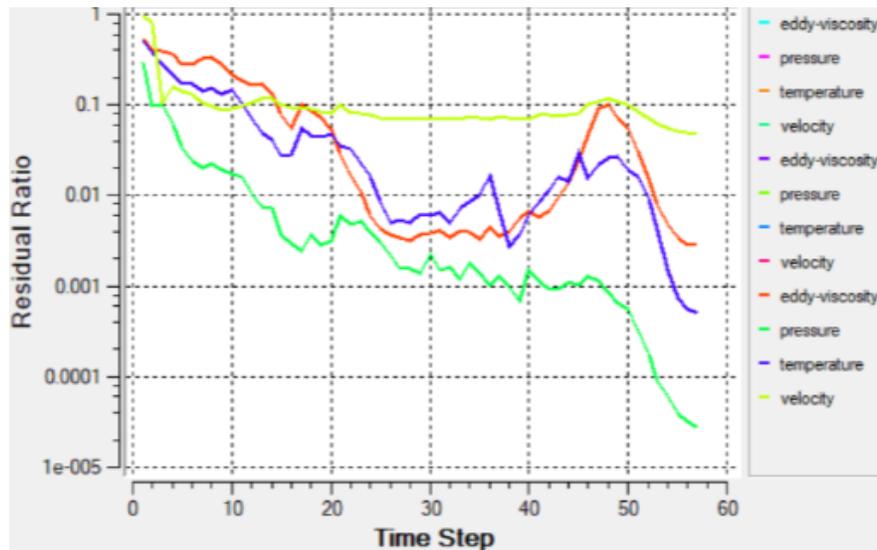


Figura 47: Convergencia simulación 1.

En la Figura 47 Se realiza la simulación con 60 “time step”, se evidencia una ligera convergencia de los resultados sin embargo no es la esperada.

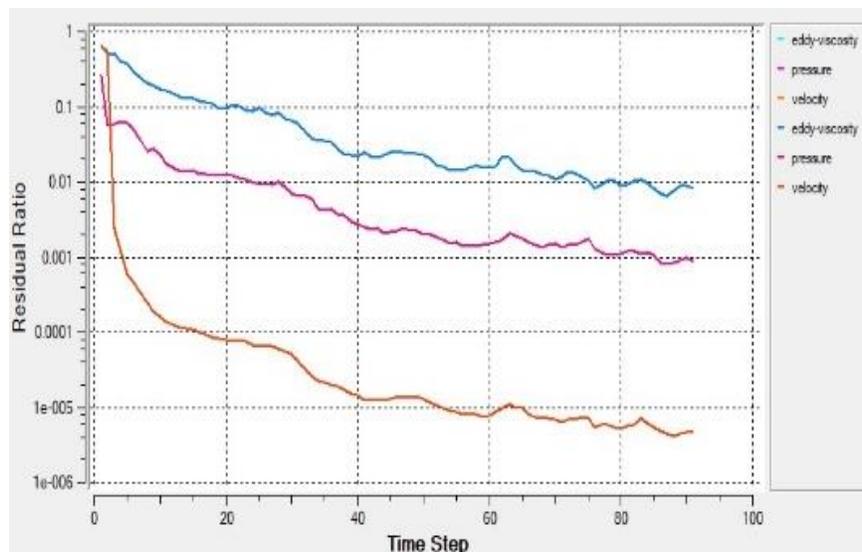


Figura 48: Convergencia simulación 2.

En la Figura 48 pese a que se realizan 100 “time step” la geometría no presenta condiciones de convergencia en sus resultados.

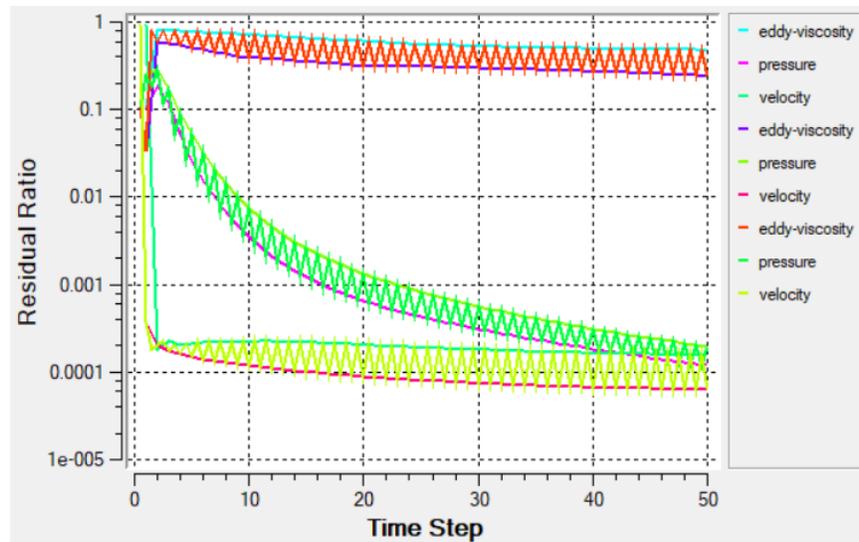


Figura 49: Convergencia simulación 3.

En la Figura 49 se mejora las geometrías y la simulación con 50 “time step” presenta una convergencia adecuada de los resultados, dando una fiabilidad para los mismos.

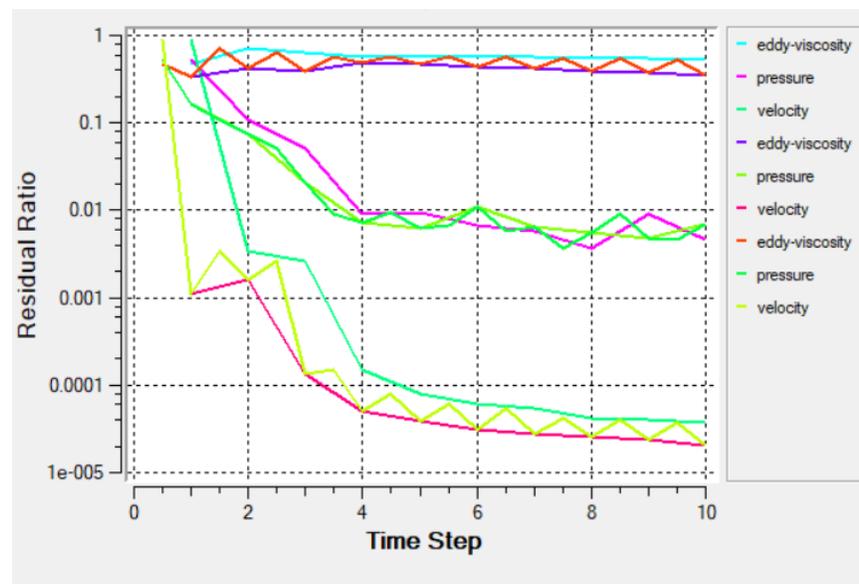


Figura 50: Convergencia simulación 4.

En la Figura 50 con 10 “time step” se evidencia una tendencia de convergencia de resultados comparado con la “sim3” que permite reducir el tiempo de análisis.

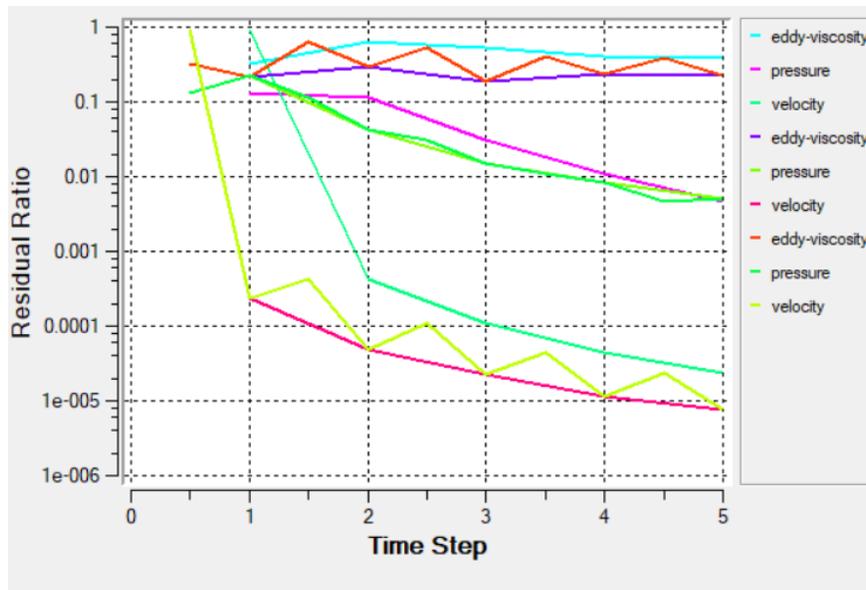


Figura 51: Convergencia simulación 5.

En la Figura 51 con la misma tendencia de resultados obtenidos en la “sim3” se compara la convergencia de resultados de esta simulación se permite reducir costos computacionales.

Comparativa de resultados de la simulación CFD.

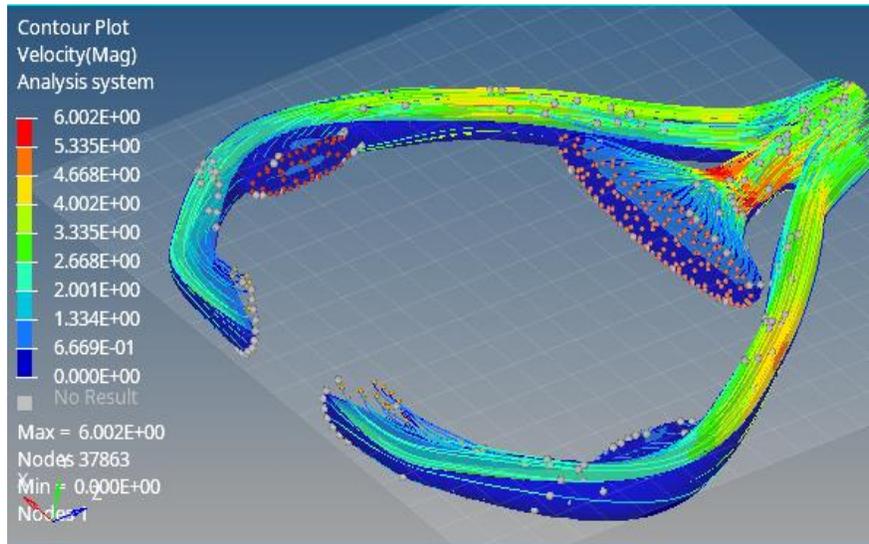


Figura 52: Geometría 1 del fluido simulado.

La Figura 52 es una simulación inicial con geometría conducida por encuesta a usuarios, posee dos puntos de succión encada uno de los ramales, además un punto de succión principal que se posiciona junto con el labio inferior del usuario.

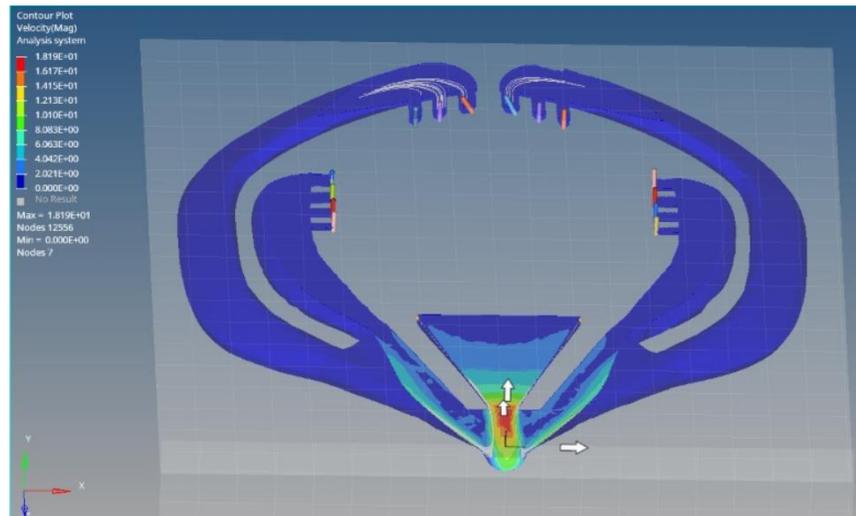


Figura 53: Geometría 2 del fluido simulado.

La Figura 53 es la segunda geometría simulada con canales independientes para cada punto de succión incluye varias entradas en un solo canal. No presentó una geometría funcional, se rediseña.

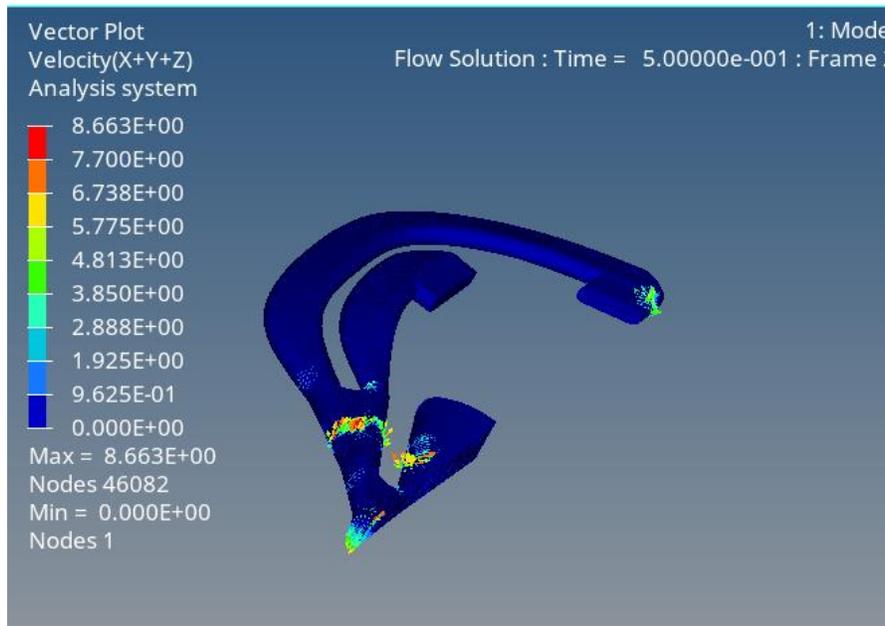


Figura 54: Geometría 3 del fluido simulado.

La Figura 54 es la simulación se realiza respecto a un plano de simetría de la geometría para reducir el costo computacional y optimizar el tiempo de post procesamiento, la geometría no presenta funcionalidad adecuada.

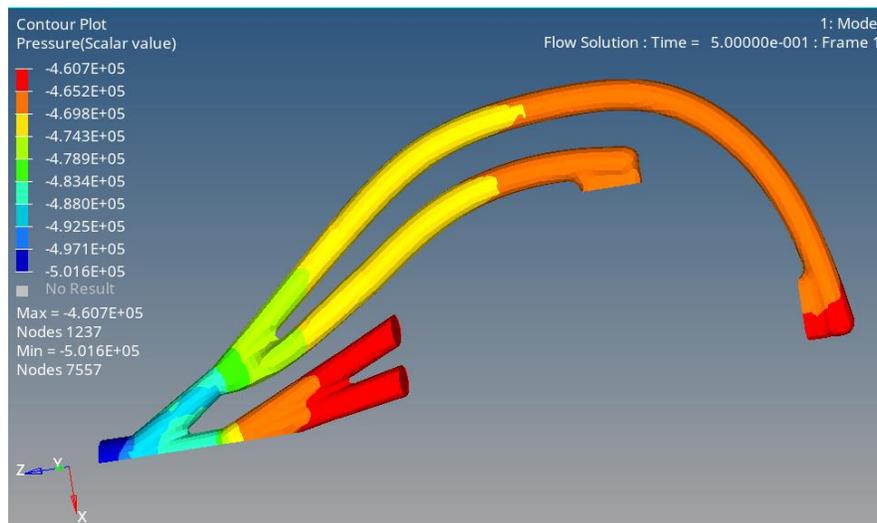


Figura 55: Geometría 4 del fluido simulado.

En la Figura 55 se rediseña el conducto del fluido y se mejoran puntos críticos, la geometría presenta avances funcionales, sin embargo, no es lo deseado.

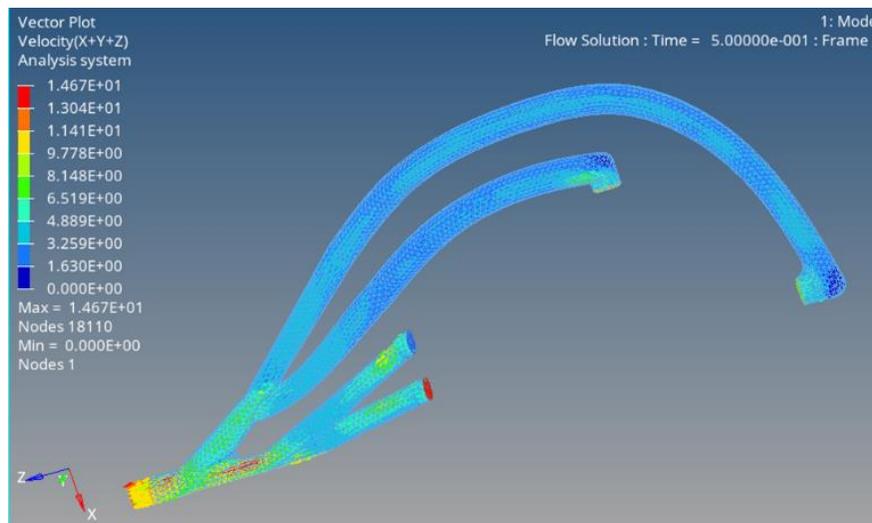


Figura 56: Geometría 5 del fluido simulado.

En la Figura 56 Se realizan mejoras descritas en la fase experimentación, los vectores de velocidad presentan un orden en el transporte del fluido, la geometría interna es apta para ser procesada y generar la configuración geométrica exterior

Resultado impresión 3D

Parte del Desing Thinking es prototipar los conceptos como lo establece (Shapira et al., 2017), (Oxman, 2017), para el prototipado de 1 modelo de succionador de la Figura 33 se ha pronosticado con el Software CURA un tiempo de impresión total de las 3 partes igual a 45 horas, este tiempo es producto de la configuración geométrica de espesor de capa igual a 0.05mm permitiendo obtener piezas más precisas y con menor permeabilidad tal como lo recomiendan (Bordignon et al., 2018),

(Naranjo Robledo, 2015), los resultados se reflejan en piezas que ensamblan entre sí, sin inconvenientes, en la Figura 57 se muestra el ensamble de sus canales de cierre. Mientras que en la Tabla 15 se muestra el preprocesamiento de la primera impresión.



Figura 57: Ensamble de partes manufactureras por deposición fundida, con un espesor de capa igual a 0.05 y un material ABS, se evidencia el ensamble de sus partes.

Para el caso de la geometría final se presenta la laminación de la pieza en el software Cura, que permite realizar la configuración a un espesor de capa igual a 0.1mm, dicho espesor ayuda a tener resultados superficiales de alta calidad y también un menor tiempo de uso de la máquina impresora. Por ende, se reduce el costo de prototipo.

Resultado de validación de la propuesta de diseño

En la Figura 58 se muestra el proceso de validación del prototipo y su geometría con 2 usuarios, con la participación de 2 voluntarios se realiza la medición de sus medidas “a” y “b” establecidas en el protocolo de la Figura 29, los datos de los participante se encuentran en la Figura 58, se evidencia visualmente que la geometría se ajusta a las medidas evaluadas en la Tabla 9 y Tabla 10.



Figura 58: Validación de la geometría con el usuario.

Las frecuencias simples obtenidas de los datos medidos que se encuentra en la Tabla 9 y Tabla 10, permiten relacionar que las medidas de apertura bucal son variables a tal punto que no hay una uniformidad en la relación de la medida a respecto a la b cuando una persona abre su cavidad bucal. De esta forma se corrobora lo mencionado por (Ramos, 2010) sobre las morfología variable de la población latinoamericana mencionado en los antecedentes.

En la Figura 59 se establecen las dimensiones generales del producto final, junto con el acople que está normado por la patente de (Warner & Number, 1991) que define a los diámetros para conexión entre equipos odontológicos igual a 11mm.

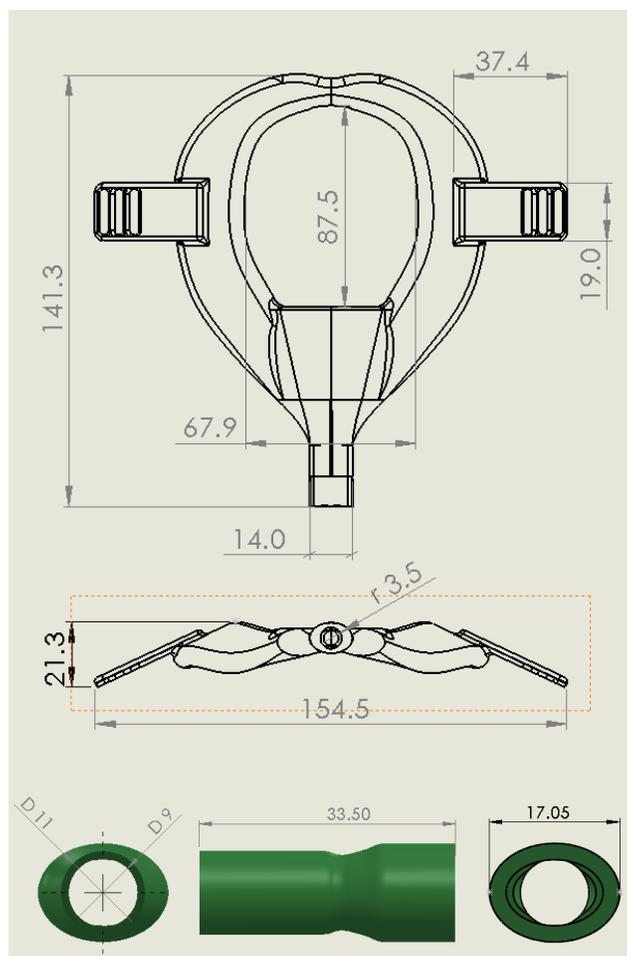


Figura 59: Dimensiones generales de geometría final, junto con elemento de ensamble universal mencionado en los antecedentes.

Tabla 16

Dimensiones de participantes para validación de prototipo.

	Edad	Estatura	Medida a	Medida b
Maribel Mayorga	26	141 cm	50	50
William Brborich	25	178 cm	65	80

En la Tabla 13 se tiene las medidas de percentil 95 obtenidas a partir de los datos obtenidas por la indagación a usuarios del producto, dichos percentiles se obtienen del cálculo mostrado en la Tabla 11.

Conclusiones

- Se ha diseñado un producto enfocado en las necesidades de usuario que permite reducir la cantidad de dispersión de partículas a la atmosfera en prácticas dentales evitando de esa forma crear ambientes nosocomiales y permitiendo a la vez tener mayor seguridad en sus prácticas profesionales, brindando mayor seguridad a los pacientes y al odontólogo.
- Con los datos obtenidos de la indagación previa realizada con la metodología Desing Thinking se obtuvo información diversa que se permitió tomar consideraciones de posibles usuarios con un amplio contexto de criterios que permitieron satisfacer las necesidades de usabilidad del producto ante la problemática identificada en los cubículos odontológicos.
- Se ha desarrollado el diseño geométrico de 5 propuestas de fluido en software CAD, una consecuente de otra hasta llegar a la geometría final que mediante la simulación CFD en el software HyperMesh se valida la funcionalidad de la geometría satisfaciendo las necesidades de succión uniforme en todos los puntos de succión.
- Se aplica la versatilidad de la metodología Desing Thinking de regresar o continuar a fases siguientes con la finalidad de satisfacer necesidades de usuario, sin requerir que se desarrolle un proceso lineal, y se complementa con metodología de evaluación CFD para el desarrollo de la geometría.
- Se aplicó el proceso de manufactura por deposición fundida de polímeros ayudando al desarrollo de la metodología Desing Thinking y CFD con la finalidad de tener una perspectiva física de los diseños planteados en software CAD. El material de aporte utilizado para la impresión requiere un acoplamiento elástico y que funcione como empaque en su acoplamiento, tal es que para la El succionador la aplicación de PLA como

material representó un acoplamiento adecuado con el elemento de unión que fue fabricado en material TPU.

- Las velocidades de succión obtenidas producto de las simulaciones están en el orden de 4.88 m/s hasta 30m/s y son dependientes del caso de análisis, dichas velocidades dependerán directamente de la potencia del equipo compresor y generador de vacío que cada usuario aplique, tal que el producto diseñado garantiza que su capacidad de succión será igual en sus 5 puntos de succión, tal es que la funcionalidad del producto se verá reflejada en mayor eficiencia en función de la presión de vacío suministrada.
- Las configuraciones geométricas para un fluido que presenten aristas vivas generan puntos de pérdida de presiones y por ende se produce una alteración en los vectores de velocidad de un fluido, dichas aristas están en capacidad de generar turbulencia e interferir en la conducción ordenada de un fluido.

Recomendaciones

- Para el diseño de geometrías que van a ser utilizadas para la conducción de fluidos evitar aristas vivas, cambios de dirección en ángulos agudos, conductos con áreas variables en su trayectoria.
- Al aplicar prototipado rápido con impresoras 3D por deposición fundida identificar la malla de soporte más adecuada a fin de que la misma no se genere como un cuerpo unido a la pieza y permita tener una separación del orden de 0.2mm entre la malla y la pieza final.
- Las condiciones de borde para la simulación CFD deben ser definidas en función del fluido a transportar, tal es el caso de multi fase que permite tener una aproximación más real al comportamiento del fluido.

- Al aplicar el Design Thinking se requiere ser cauteloso con la información otorgada por los encuestado a fin de que no se vulnere datos y criterios personales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR. (2010a). *español la*.

AENOR, E. D. E. L. (2010b). *español la*.

Alejandro, F., & Luna, G. (2018). *Fredy Alejandro Guevara Luna*.

Alonso, A. A., Albertini, J. S., & Bechelli, A. H. (1999). *Oclusión y diagnóstico en rehabilitación oral*.

Altair AcuSolve 2019 チュートリアル. (2019).

Andrews, D. (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, 30(3), 305–315. <https://doi.org/10.1177/0269094215578226>

Andrio Adwibowo. (2020). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* Title. 21(1), 1–9.

<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027>

Ather, A., Patel, B., Ruparel, N. B., Diogenes, A., & Hargreaves, K. M. (2020). Coronavirus Disease 19 (COVID-19): Implications for Clinical Dental Care. *Journal of Endodontics*, 46(5), 584–595. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.008>

Australian Dental Association. (2015). *Guidelines for Infection Control* (Second edi).

Bedoya, A. ;, Osorio, J. C. &, Tamayo, J. A., & Tamayo, J. (2012). Biotipo Morfológico Facial en Tres Grupos Étnicos Colombianos: Una Nueva Clasificación por Medio del Índice Facial Facial Biotype in Three Colombian Ethnic Groups: a New Classification by Facial Index.

Int. J. Morphol, 30(2), 677–682.

Bordignon, F., Iglesias, A. A., & Hahn, Á. (2018). *Diseño e impresión de objetos 3D*.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/69819>

Chaudhuri, S., Basu, S., Kabi, P., Unni, V. R., & Saha, A. (2020). Modeling the role of respiratory droplets in Covid-19 type pandemics. *Physics of Fluids*, 32(6).

<https://doi.org/10.1063/5.0015984>

Chen, C., Zhao, B., Cui, W., Dong, L., An, N., & Ouyang, X. (2010). The effectiveness of an air cleaner in controlling droplet/aerosol particle dispersion emitted from a patient's mouth in the indoor environment of dental clinics. *Journal of the Royal Society Interface*, 7(48),

1105–1118. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0516>

Clarke, A. L., Stephens, A. F., Liao, S., Byrne, T. J., & Gregory, S. D. (2020). Coping with COVID-19: ventilator splitting with differential driving pressures using standard hospital equipment. *Anaesthesia*, 75(7), 872–880. <https://doi.org/10.1111/anae.15078>

Docente, D. A., & Estudios, G. E. D. G. De. (2008). *Saenz, L (2008)_Alternativa Metodologica Para La Concepcion De Productos*.

Fallahi, H. R., Keyhan, S. O., Zandian, D., Kim, S., & Cheshmi, B. (2020). *Being a front-line dentist during the Covid- 19 pandemic : a literature review*. 5.

Galindo-Ramirez, S. M., Vargas, J., & Ortiz, M. A. (2012). Morphological study of the lips in a Colombian population. *International Journal of Morphology*, 30(2), 422–424.

<https://doi.org/10.4067/s0717-95022012000200010>

Ge, Z. yu, Yang, L. ming, Xia, J. jia, Fu, X. hui, & Zhang, Y. zhen. (2020). Possible aerosol

- transmission of COVID-19 and special precautions in dentistry. *Journal of Zhejiang University: Science B*, 1581, 1–8. <https://doi.org/10.1631/jzus.B2010010>
- Göteborgs Höghskola., R. N., Becerra, A. A., & González, A. H. (2018). Inbjudning till den högtidlighet hvarmed filosofie doktorspromotion kommer att anställas ... vid Göteborgs Höghskola. *Revista EIA*, 13(26), 47–59.
<https://revistabme.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/799/988>
- Grado, T. F. I. N. D. E., En, G., En, I., & Industriales, T. (2016). *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Cálculo de coeficientes hidrodinámicos de UUVs mediante CFDs*.
- Guo, Y. R., Cao, Q. D., Hong, Z. S., Tan, Y. Y., Chen, S. D., Jin, H. J., Tan, K. Sen, Wang, D. Y., & Yan, Y. (2020). The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak- A n update on the status. *Military Medical Research*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>
- Harrel, S. K., & Molinari, J. (2004). Aerosols and splatter in dentistry: A brief review of the literature and infection control implications. *Journal of the American Dental Association*, 135(4), 429–437. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2004.0207>
- Hernando Barbosa, L. (2012). *Un modelo de aprendizaje activo de la Ley de Presión Hidrodinámica de Bernoulli con experimentos discrepnates en estudiantes de ingeniería*. 17–19. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100071
- Jacqueline J.A. Bos-Huizer. (2018). Description De Una Medida Para Facilitar Una Postura De Trabajo Neutra. *Kvo Dental* .
- Kobayashi, H., Takimoto, T., Kitaoka, H., & Kijima, T. (2020). Aerosol spread with use of high-

- flow nasal cannulae: a computational fluid dynamics analysis. *Journal of Hospital Infection*.
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.06.010>
- Kovacevic, A. (2005). Boundary adaptation in grid generation for CFD analysis of screw compressors. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 64(3), 401–426.
<https://doi.org/10.1002/nme.1376>
- Kun-Szabó, F., Gheorghita, D., Ajtai, T., Hodovány, S., Bozóki, Z., Braunitzer, G., & Antal, M. Á. (2021). Aerosol generation and control in the dental operator: An in vitro spectrometric study of typical clinical setups. *PLoS ONE*, 16(2 February), 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246543>
- Lagos, D. E. P., Acosta, G. G., & Morales, K. L. (2013). Tendencias en diseño y desarrollo de productos desde el factor humano: una aproximación a la responsabilidad social. *Iconofacto*, 9(12), 71–97. <http://revistas.upb.edu.co/index.php/iconofacto/article/view/1920>
- Li, L., & Mak, C. M. (2007). The assessment of the performance of a windcatcher system using computational fluid dynamics. *Building and Environment*, 42(3), 1135–1141.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.12.015>
- Manjula, E. V. P. J., Ariyaratne, W. K. H., Ratnayake, C., & Melaaen, M. C. (2017). A review of CFD modelling studies on pneumatic conveying and challenges in modelling offshore drill cuttings transport. *Powder Technology*, 305, 782–793.
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.10.026>
- Meng, L., Hua, F., & Bian, Z. (2020). Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Emerging and Future Challenges for Dental and Oral Medicine. *Journal of Dental Research*, 2019.
<https://doi.org/10.1177/0022034520914246>

- Mittal, R., Ni, R., & Seo, J. H. (2020). The flow physics of COVID-19. *Journal of Fluid Mechanics*, 894, 1–14. <https://doi.org/10.1017/jfm.2020.330>
- MONTALLI, V. A. M., GARCEZ, A. S., MONTALLI, G. A. M., FRANÇA, F. M. G., SUZUKI, S. S., MIAN, L. M. T., MOTTA, R. H. L., NAPIMOGA, M. H., & JUNQUEIRA, J. L. C. (2020). Individual biosafety barrier in dentistry: an alternative in times of covid-19. Preliminary study. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia*, 68, 1–7. <https://doi.org/10.1590/1981-863720200001820200088>
- Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., Bluyssen, P. M., Boerstra, A., Buonanno, G., Cao, J., Dancer, S., Floto, A., Franchimon, F., Haworth, C., Hogeling, J., Isaxon, C., Jimenez, J. L., Kurnitski, J., Li, Y., Loomans, M., Marks, G., Marr, L. C., ... Yao, M. (2020). How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International*, 142(May). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- Naranjo Robledo, M. (2015). *Impresión 3D aplicada a la optomecánica*. 10–25.
- Odontol, U. D., Comercial, A. N., Odontol, U. D., Fabricante, G., Fone, B., Crea-sp, R. J. R., & Anvisa, R. (n.d.). *PRESENTACIÓN DEL MANUAL*.
- Ojeda, E. P. A., López, P. M., Farah, S. A., & Ramirez, R. A. C. (2009). Cfd como una herramienta para diseño de productos. *Memorias Del Xv Congreso Internacional De La Somim 2009*, 431–442.
- Oxman, R. (2017). Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design Studies*, 52, 4–39. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001>
- Patel, B., & Hargreaves, K. M. (2020). Coronavirus Disease 19 (COVID-19): Implications for

Clinical Dental Care. *Journal of Endodontics*, 19, 1–11.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.008>

Peng, X., Xu, X., Li, Y., Cheng, L., Zhou, X., & Ren, B. (2020). Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *International Journal of Oral Science*, 12(1), 1–6.

<https://doi.org/10.1038/s41368-020-0075-9>

Propiet, M. D. E. L. (n.d.). *MANUAL DEL PROPIETARIO*.

Ramos, M. Á. M. (2010). Analisis de la variabilidad morfologica facial en una muestra de personas con ancestros cundiboyacenses. Proyecto Piloto: La Cara del Colombiano.

Universidad Nacional De Colombia, 103. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5020/>

Romero, H. J., & Barrionuevo, M. E. A. (2017). Ergonomía. *Revista de La Facultad de Odontología*, Vol. 11, 1.

Sawhney, A., Venugopal, S., Girish Babu, R. J., Garg, A., Mathew, M., Yadav, M., Gupta, B., & Tripathi, S. (2015). Aerosols how dangerous they are in clinical practice. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(4), 52–57.

<https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/12038.5835>

Scott Leonard, W. S. (2019). 濟無 No Title No Title. 53(9), 1689–1699.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Serrat, O. (2017). Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance. *Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance*, 1–1140. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9>

Seth D. Judson, V. J. M. (2019). *Nosocomial Transmission of Emerging Viruses via Aerosol-*

Generating Medical Procedures.

Shapira, H., Ketchie, A., & Nehe, M. (2017). The integration of Design Thinking and Strategic Sustainable Development. *Journal of Cleaner Production*, 140, 277–287.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.092>

Teichert-Filho, R., Baldasso, C. N., Campos, M. M., & Gomes, M. S. (2020). Protective device to reduce aerosol dispersion in dental clinics during the COVID-19 pandemic. *International Endodontic Journal*, 53(11), 1588–1597. <https://doi.org/10.1111/iej.13373>

Tesis doctoral. (2015).

Valero, E. (2011). Antropometría instituto nacional de higiene y seguridad en el trabajo. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo*, 1(2), 1–21.

[http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno del puesto/DTEAntropometriaDP.pdf](http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf)

Velocity, H., Insufflation, N., & Therapy, H. (2020). *TRANSMISSION ASSESSMENT REPORT* : 1–25.

Warner, C., & Number, P. (1991). *United States Patent (19). 19.*

Xu, R., Cui, B., Duan, X., Zhang, P., Zhou, X., & Yuan, Q. (2020). Saliva: potential diagnostic value and transmission of 2019-nCoV. *International Journal of Oral Science*, 12(1).

<https://doi.org/10.1038/s41368-020-0080-z>

Yu, A.-Y., Tu, R., Shao, X., Pan, A., Zhou, K., & Huang, J. (2020). A comprehensive Chinese experience against SARS-CoV-2 in ophthalmology. *Eye and Vision*, 7(1), 1–9.

<https://doi.org/10.1186/s40662-020-00187-2>

