



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA:

**MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS DE UN DISPOSITIVO
MICROFLUÍDICO PARA APLICACIONES EN CIENCIAS BASICAS EN
LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Sánchez Padilla Víctor Hugo

Tutor

PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

AMBATO– ECUADOR
2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Sánchez Padilla Víctor Hugo, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS DE UN DISPOSITIVO MICROFLUÍDICO PARA APLICACIONES EN CIENCIAS BASICAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 5 días del mes de mayo de 2022, firmo conforme:

Autor: Sánchez Padilla Víctor Hugo

Firma:

Número de Cédula: 0603805086

Dirección: Chimborazo, Riobamba, Maldonado, Barrio Los Andes.

Correo Electrónico: victorsanchez@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0987675454



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR HUGO
SANCHEZ
PADILLA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS DE UN DISPOSITIVO MICROFLUÍDICO PARA APLICACIONES EN CIENCIAS BASICAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA” presentado por Sánchez Padilla Víctor Hugo, para optar por el Título de Ingeniero Industrial

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 06 de agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO FERNANDO
ESCUDERO VILLA**

.....
PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de “**MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS DE UN DISPOSITIVO MICROFLUÍDICO PARA APLICACIONES EN CIENCIAS BASICAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**”, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 06 de agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR HUGO
SANCHEZ
PADILLA**

.....
Sánchez Padilla Víctor Hugo

0603805086

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “MODELADO POR ELEMENTOS FINITOS DE UN DISPOSITIVO MICROFLUÍDICO PARA APLICACIONES EN CIENCIAS BASICAS EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA”, previo a la obtención DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 22 de mayo de 2022

Juan Cruz Villacis
Firmado digitalmente por Juan Cruz Villacis
Fecha: 2022.09.12 10:46:59 -05'00'

.....
MSc. Cruz Villacis Juan Serafín
LECTOR



.....
MSc. José Luis Varela Aldás
LECTOR

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres quienes me dieron la vida además de no dudar de mis capacidades y entereza ante cualquier situación.

A mi pareja quien compartió todo este proceso además de ayudarme a no decaer ante los inconvenientes y adversidades.

A mis hijos, mis hermanos y mi familia que siempre me apoyaron.

Principalmente este proyecto se lo dedico a mi tía quien fue la primera persona quien creyó que lo lograría dándome la fortaleza necesaria para poder llegar a culminar con éxito mi etapa de aprendizaje y quién desde la eternidad sabe que lo estoy logrando.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi pareja que siempre estuvo impulsando e insistiendo además de darme fortaleza para seguir con mi formación.

A mí familia que siempre estuvieron pendientes y con una palabra de aliento para animarme cuando lo necesite.

A mis compañeros de trabajo del departamento de lubricación que me dieron su confianza y apoyo incondicional desde el momento que inicié con mis estudios.

A mi jefe que siempre estuvo prestó para ayudarme ante cualquier duda o situación además de guiarme con su experiencia laboral y conocimientos académicos.

A mis docentes de Ingeniería Industrial quienes me prepararon con sus conocimientos y experiencia para completar cada etapa de este proceso de aprendizaje.

Un agradecimiento a mi tutor individual quien me guío y dedico tiempo valioso para poder llegar a la conclusión exitosa de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE IMAGENES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I	1
Introducción	1
Antecedentes	3
Justificación.....	6
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO II	8
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	8
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	8
Ubicación	9
Datos de la empresa	9
Problema de la investigación	9
Diagrama de procesos de modelado de un dispositivo de análisis microfluídico..	10

ETAPA I.....	11
Diseño.....	11
ETAPA II	12
Construcción.....	12
Aceites en la Industria.....	12
Tipos de aceites industriales.....	13
Necesidad del análisis de aceite en una industria.....	14
Grados de viscosidad de los aceites	15
Clasificación de Viscosidad ISO.....	15
Clasificación comparativa de viscosidad	16
Comparativa de análisis estándar de aceite	17
Área de estudio:.....	22
Norma NTE INEN-ISO 28941-1	22
2.7. Modelo operativo:	25
Desarrollo del modelo operativo:.....	26
CAPÍTULO III	28
Presentación de la propuesta:	28
PARTE I.....	29
ETAPA II	35
Resultados esperados	38
Dispositivo para Análisis de Aceite Hidráulico Microfluídica	39
Dispositivo para Análisis de Aceite de Reductores Industriales Microfluídica.....	39
Análisis de los acabados superficial de los conductos del dispositivo utilizando el equipo laser y utilizando el equipo del sistema mecanizado con fresa o CNC.....	40
Resultados visualizados en un microscopio.....	40
Ventajas.....	41

Características	41
Tipo	41
Reporte de microscopia dispositivo de análisis para aceite hidráulico tallado con laser	41
Pruebas iniciales realizadas en Laboratorio Universidad Indoamérica.....	42
Análisis de aceite con muestras reales – Aceite hidráulico y Aceite de reductor ..	44
Manual básico de uso de un dispositivo de microfluídico	47
Cronograma de actividades	50
Análisis de costos.....	51
CAPÍTULO IV	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
Conclusiones	53
Recomendaciones.....	54
LITERATURA CITADA	55
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Grados de viscosidad	15
Tabla 2 Grados de Viscosidad.....	15
Tabla 3 Comparación de Viscosidades	16
Tabla 4 Análisis de aceite Empresa Mobilserv	18
Tabla 5 Informe Análisis de aceite Empresa Mobilserv.....	19
Tabla 6 Análisis de aceite Empresa SmartAssitance	20
Tabla 7 Informe Análisis de aceite Smart Assistance	21
Tabla 8 Área de estudio.....	22
Tabla 9 Comandos de mecanizado.....	35
Tabla 10 Ecuaciones de fresado	37
Tabla 11 Manual de uso del dispositivo de microfluídica	48
Tabla 12 Evaluación de riesgo	50
Tabla 13 Cronograma de actividades	50
Tabla 14 Costos de la propuesta.....	51

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1 Un micro-dispositivo para evaluar daños sobre la retina humana	3
Imagen 2 Dispositivos de Microfluídica	4
Imagen 3 Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato.....	9
Imagen 4 Procesos de modelado de un dispositivo de análisis microfluídico	10
Imagen 5 Muestreo tomado de válvula muestreador.	17
Imagen 6 Muestreo tomado con un dispositivo (vampiro).	17
Imagen 7 Modelo Operativo	25
Imagen 8 Línea de tiempo Análisis- Acción.....	28
Imagen 9 Dimensiones primer diseño.....	29
Imagen 10 Simulación primer diseño.	31
Imagen 11 Flujo de entrada simulación primer diseño.	31
Imagen 12 Simulación diseño modificado.....	32
Imagen 13 Simulación final sección de entrada.....	33
Imagen 14 Simulación final sección de salida.....	33
Imagen 15 Dispositivo de análisis de aceite hidráulico microfluídica.....	33
Imagen 16 Simulación Dispositivo de análisis de aceite de reductores industriales microfluídica	34
Imagen 17 Máquina de corte láser y representación esquemática de la misma....	36
Imagen 18 Cálculos de tiempos en el fresado frontal	38
Imagen 19 Cálculos de tiempos en el fresado cilíndrico.....	38
Imagen 20 Laboratorio de Calidad microscopia UCEM.....	41
Imagen 21 Acabado superficial del dispositivo	42
Imagen 22 Limpieza y secado de dispositivos.....	43
Imagen 23 Colocado de mica de hidrogel.....	43
Imagen 24 Resultado de pruebas con agua tinturada.	44
Imagen 25 Muestras de aceite y dispositivos.....	44
Imagen 26 Dispositivos con muestras de aceite.....	45
Imagen 27 Dispositivo con aceite sintético de moto reductor	46
Imagen 28 Dispositivo con aceite hidráulico	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diseño 1	59
Anexo 2 Modificación 1	60
Anexo 3 Modificación 2 Diseño final	61
Anexo 4 Partículas metálicas	62
Anexo 5 Plano Ensamblaje	63
Anexo 6 Dispositivo deg análisis de aceite hidráulico microfluídica	64
Anexo 7 Dispositivo con aceite sintético de moto reductor.....	65
Anexo 8 Base para análisis de dispositivos.....	66
Anexo 9 Base para análisis de dispositivos.....	67
Anexo 10 Dispositivo de Análisis portátil	67

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS DE LA
INFORMACION Y LA COMUNICACION
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**AUTOR: SANCHEZ PADILLA VICTOR HUGO
TUTOR: PHD. ESCUDERO VILLA PEDRO**

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad existe una gama de dispositivos de microfluídica (micro reactores, generadores de gradiente, generadores de gotas, entre otros) orientado a aplicaciones en diferentes áreas como la farmacéutica, biotecnología, diagnóstico clínico entre otras. La mayoría de esta gama de dispositivos han sido fabricados usando procesos de microfabricación en sala blanca, pudiéndose fabricar dispositivos para funcionalidades específicas. A nivel local resulta complicado poder desarrollar este tipo de dispositivos puesto que no se dispone de una sala blanca y existen muy pocos lugares donde se pueda usar métodos de microfabricación como fotolitografía estándar; sumado a esto la poca disponibilidad de materiales como termoplásticos, elastómeros o micro adhesivos. Para poder solventar esta limitación en este Trabajo de Titulación se plantea desarrollar un modelo de sistema microfluídica orientado a la filtración de líquidos. Para llevar a cabo este desarrollo se plantearon las siguientes actividades, 1) Revisar el estado del arte de los sistemas microfluídicos y los procesos de análisis de aceites, 2) Diseñar un dispositivo de microfluídica utilizando programas CAD, 3) Simular el comportamiento multifísico del sistema microfluídico, 4) Plantear un modelo de dispositivo microfluídico que sea reproducible usando técnicas de fabricación por CNC. Como resultado de este trabajo se ha conseguido modelar dos dispositivos diseñados con una resolución de 300 micras, se ha conseguido mediante simulación mostrar el comportamiento de los fluidos en el dispositivo, además del análisis de la geometría según distribución de líquidos. También se ha realizado una prueba rápida de fabricar el dispositivo y caracterizarlo usando aceites industriales. En conclusión, se ha conseguido poder diseñar y simular un dispositivo compatible con las resoluciones que manejan las herramientas CNC que se dispone a nivel local, y se

ha probado el modelo de dispositivo con una fabricación y una prueba de funcionamiento del dispositivo consiguiendo resultados aceptables.

DESCRIPTORES: Modelado por elementos finitos, dispositivos de bajo coste, microfluídico.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS DE LA
INFORMACION Y LA COMUNICACION
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**AUTOR: SANCHEZ PADILLA VICTOR HUGO
TUTOR: PHD. ESCUDERO VILLA PEDRO**

ABSTRACT

Currently, there is a range of microfluidic devices (microreactors, gradient generators, drop generators, among others) aimed at applications in different areas such as pharmaceuticals, biotechnology, and clinical diagnosis, among others. Most of this range of devices have been manufactured using micromanufacturing processes in a clean room, being able to manufacture devices for specific functionalities. At a local level, it is difficult to be able to develop this type of device since there is no clean room and there are few places where microfabrication methods such as standard photolithography can be used. Also, the limited availability of materials such as thermoplastics, elastomers, or micro-adhesives. This research proposes to develop a model of a microfluidic system oriented to the filtration of liquids to carry out this development the following activities were proposed: Review the state of the art of microfluidic systems and oil analysis processes. Design a microfluidic device using CAD programs. Simulate the multiphysics behavior of the system microfluidic. Propose a model of a microfluidic device that is reproducible using CNC manufacturing techniques. As a result a modeling of two devices designed with a resolution of 300 microns. It has been possible to show the behavior of the fluids in the device through simulation. In addition, to the analysis of the geometry according to the distribution of liquids. A quick test of manufacturing the device and characterizing it using industrial oils has also been carried out. In conclusion, it has been possible to design and simulate a device compatible with the resolutions handled by the CNC tools available locally. Also, the device model has been tested with manufacturing and a device operation test, achieving acceptable results.

KEYWORDS: Finite element modeling, low-cost devices, microfluidic

CAPÍTULO I

Introducción

A nivel mundial el desarrollo de estos dispositivos es una de las actividades principales como en el laboratorio de BIOMEMS dentro del departamento de Bioingeniería de la UTEC, del Perú. Uno de los proyectos de investigación se está llevando a cabo en colaboración con el “Lerner Research Institute” de “Cleveland Clinic”, institución muy prestigiosa considerada como una de las mejores clínicas del mundo, y consiste en el desarrollo de un dispositivo “Lab on a chip” de bajo costo para la detección de Células TumORAles Circulantes (CTC) que pueda utilizarse en zonas de bajos recursos en Perú (Flores, 2018). Los dispositivos (LOC) o lab on a chip, son elementos en los que se pueden realizar procesos de muestreos, tratamientos y detecciones de elementos que se puedan encontrar en estos dispositivos tan pequeños, los mismos que en sus medidas exteriores representan unos pocos milímetros o centímetros. Lo cual representa un costo inferior en materiales al mismo tiempo que se disminuye el tiempo de su construcción, y tomando en cuenta su tamaño es mucho más fácil transportarlos (Cano, 2018).

En el Ecuador a pesar de que existe el auge de los dispositivos, el uso de los mismos se da específicamente en el área médica siendo así que el campo industrial no cuenta con este tipo de dispositivos. Según (Pujol-Vila, 2021), se han establecido investigaciones del uso de estos dispositivos de microfluídica específicamente en el análisis de muestras biológicas, abriendo la posibilidad de mejorar la separación celular en los dispositivos al generar el modelo más idóneo. Con el uso de este tipo de dispositivos podemos realizar caracterizaciones a una

escala reducida en micras, lo que nos da la oportunidad de obtener resultados muy precisos además de poder realizar prácticas de procedimientos físicos y experimentar todo lo que se adapte a estas escalas (Granizo, 2018).

En la ciudad de Ambato no se encuentra estudios previos a este tema, dejando un campo muy amplio para desarrollar este tipo de acciones en el área industrial, sabiendo que estos micros dispositivos se utilizan en muchas aplicaciones, además de diseñarse para que tengan funcionalidades específicas en ámbitos de biotecnología, farmacéutica, bioquímica, medicina, análisis de bacterias, monitoreos ambientales, incluso en sistemas de seguridad y defensa. Las aplicaciones de estos dispositivos son numerosas, pasando por la Medicina, con capacidades para analizar fluidos del cuerpo humano como la sangre o la orina, hasta capacidades en Ingeniería Ambiental, con el propósito de estudiar la concentración de algún contaminante (Revista Digital Ehealth, 2018).

Con el estudio sobre los dispositivos de microfluídica se pretende llegar asta el campo industrial con nuevos instrumentos para el desarrollo del análisis predictivo de aceites en las máquinas de esta manera lograr prevenir la pérdida total o parcial de las maquinas además minimizar costos que ocasiona una parada emergente o no programada que para la empresa puede representar sumas altas de dinero, de ahí la importancia de contar con dispositivos que generen resultados rápidos de un análisis de aceite.

Dispositivo de análisis de aceite portátil

En el mercado existen equipos electrónicos que pueden realizar análisis de aceites y grasas de manera manual, con un costo inicial de 7000 a 10000 dólares los cuales adicionalmente tienen un mantenimiento y un continuo proceso de actualización que debe ser realizado por personal autorizado para su correcto funcionamiento (Ver anexo 10).

Se menciona microfluídica en la industria cuando se habla de análisis de laboratorio, la aplicación está implícita en los laboratorios químicos con la manipulación de muestras de líquidos o sustancias que se utilizan como reactivos tanto en la industria alimentaria como en la industria que maneja líneas de producción, muchas de las cuales tienen el agua como base para sus procesos, esta tiene que cumplir con parámetros preestablecidos que no perjudiquen sus procesos, siendo la microfluídica la mejor opción.

Antecedentes

Según (Fernandez, 2015), menciona que los dispositivos microfluídicos conforman una actividad nueva en aplicación y en darse a conocer y por sus características de funcionamiento al usar volúmenes en micras, dando facilidades de análisis físicos muy complejos. Estos análisis se realizan en muchas industrias incluidas farmacéutica e industrias químicas.

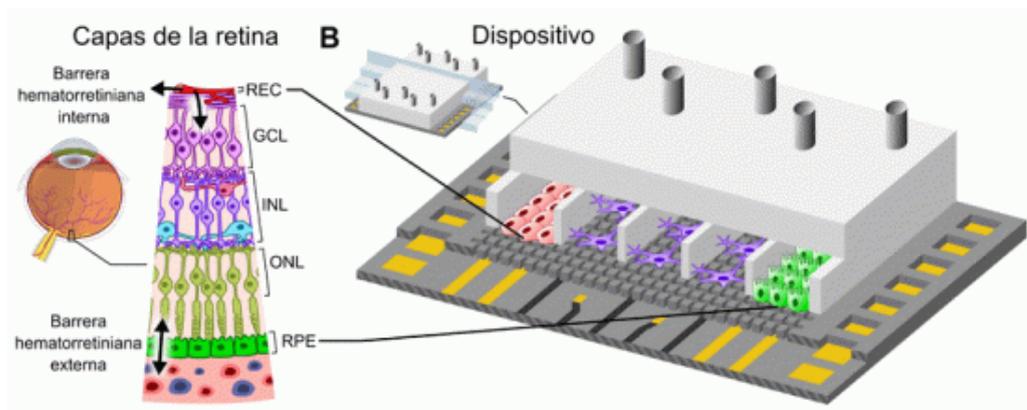


Imagen 1 Un micro dispositivo para evaluar daños sobre la retina humana
Fuente: (Fernandez, 2015)

Los sistemas de microfluídos se han estudiado activamente en varias aplicaciones, que incluyen, entre otras, el control de flujo, ensayos biológicos, reacciones químicas, sensores, nanotecnología, y otros (Ryungeun, 2019). Se puede encontrar que estos dispositivos se pueden diseñar para realizar análisis secuenciales y para eso pueden diseñarse con canales adicionales para que los análisis se puedan confirmar de acuerdo a la configuración con la que sean diseñados. Si hablamos de los diseños nos encontramos que cada vez son menos complicados, aunque las

limitaciones al momento de encontrar equipos para su construcción sean más grandes. Al no contar con la tecnología para su construcción el costo se eleva y provoca que los diseñadores busquen materiales que brinden una mayor facilidad en la construcción, otro inconveniente es el bombeo para estos dispositivos (Reyes, 2015).



Imagen 2 Dispositivos de Microfluídica
Fuente: (Juárez, 2018)

Las limitaciones que se fueron presentando ocasionaron que se empiece a buscar nuevos materiales y diferentes formas de generar estos dispositivos de una manera más sencilla con menos costo de fabricación. Se dieron los diseños de manera que se usaba una matriz para poder generar copias y que estas sean de la misma forma y tamaño sin que sea un problema, se podían replicar los diseños, pero estos no podían ser muy complejos dando la facilidad de usar ese método (Fernández, 2015).

Según el estudio realizado por (Gutiérrez, 2019), como material principal en la construcción de estos dispositivos está el Polidimetilsiloxano (PDMS), un elastómero transparente y de procesado sencillo que cumple con las características necesarias para poder fabricar estos dispositivos. Siendo de gran ayuda la fabricación de manera fácil por ser un material fácil de manipular siendo este de la familia de las siliconas. Este material es líquido a temperatura ambiente, pero mediante un proceso se logra solidificar (Gutiérrez, 2019).

Se menciona como investigaciones principales en equipos de microfluídica la medicina, para diagnosticar varias enfermedades, además de los análisis de (ADN), llegando a obtener como beneficio la miniaturización de las operaciones

bioquímicas, se logra reducir costos, reducir tiempos y además se logra generar varios análisis a la vez en un solo dispositivo siendo estos exactos y sensibles (Juárez, 2018).

En el área industrial se puede encontrar estudios orientados al análisis de aceites. Estudios encontrados datan de la década de 1950 Mientras que en el mundo se dio la crisis petrolera, el petróleo subió sus precios al quedarse sin abastecimiento, las empresas empiezan a analizar muestras de aceite para determinar el estado de los lubricantes además de conocer el estado de los equipos para reducir sus gastos (Hernández, 2018). En los años consecuentes, la aparición de leyes ambientales dio como resultado el incremento de la importancia de los análisis de lubricantes y aceites para ayudar al medioambiente (Altmann, 2017).

Actualmente podemos notar un gran cambio en materia de análisis de los aceites, tomando en cuenta que en sus inicios la industria ferrocarrilera presentaba el inicio de esta tendencia de prevención. Los avances tecnológicos además de la comunicación Han fomentado que los análisis de aceites sean parte importante y obligatoria del mantenimiento predictivo. (Aguado, 2021). Se destaca la importancia y fiabilidad que tiene analizar los aceites por que ayudan a detectar y determinar posibles fallas de funcionamiento de los equipos, los mismos que evitan perdidas por fallas inesperadas que detienen la producción y generan altos costos de mantenimiento en la industria (Guille, 2007).

En el mantenimiento predictivo el análisis de aceite es la principal manera de detección para solución de desperfectos en los equipos industriales, En la industria se ha tomado la opción de crear rutinas de análisis, las mismas que sirven para garantizar la confiabilidad de equipos de cualquier línea de producción dando como resultados mejores prácticas de mantenimiento, evitando los gastos que se derivan de daños en equipos por falta de análisis (Albarracín, 2006).

Si no se realizan los respectivos análisis aumentamos el riesgo de un deterioro prematuro en los equipos y esto tiene un costo alto para mantenimiento, además

de incrementar riesgos de accidentes para el personal que trabaje cerca de la maquinaria. Por esta razón presentamos en esta investigación el diseño del dispositivo de microfluídica para realizar el análisis de aceite en los sistemas hidráulicos y los sistemas netamente mecánicos, para de esta manera optimizar el funcionamiento de las máquinas.

Justificación.

Para realizar el presente estudio tomamos en cuenta la necesidad de modelar un dispositivo microfluídico que se entregara en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, aportando la mejora con conocimientos técnicos.

En el presente documento se evidencia la **importancia** del diseño del dispositivo de microfluídica que permitirá realizar análisis de aceites de manera fácil y eficiente con resultados de calidad y con rapidez.

Según la investigación realizada los dispositivos de microfluídica aplicadas a la industria, generan un **impacto** relevante ayudando con la evaluación de varios parámetros que garantizan la eficacia y eficiencia de resultados.

Llevar a cabo el diseño del dispositivo de microfluídica para el análisis de aceite industrial tiene una gran **utilidad**, porque permitirá el análisis inmediato, brindando una mayor eficiencia para determinar posibles fallos o novedades de los equipos.

Los **beneficiarios** serán, desde estudiantes de la universidad que aprendan sobre mecánica de fluidos y ciencias básicas, así como la simulación multifísica, además el desarrollo de estos dispositivos que permitirán obtener ahorro en la compra de grandes cantidades de reactivos que forman parte de los análisis.

En la actualidad existen dispositivos, los mismos que dentro de su operatividad no son los más óptimos ni de fácil adquisición, he ahí la **factibilidad** de establecer un tipo de dispositivo que permita alcanzar resultados tangibles.

Objetivos

Objetivo General

Modelar un dispositivo de microfluídica para análisis de aceite industrial en un ambiente de laboratorio.

Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte de los sistemas microfluídicos y los procesos de análisis de aceites
- Diseñar un dispositivo de microfluídica utilizando programas CAD.
- Simular el comportamiento multifísico del sistema microfluídico
- Plantear un modelo de dispositivo microfluídico que sea reproducible usando técnicas de fabricación por CNC.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La universidad cuenta con laboratorios de ciencias básicas que son parte de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Hay una necesidad de incluir en las prácticas análisis de muestras reales de la industria puesto que en las carreras técnicas son necesarios estos análisis, los mismos que ayudarían en el mantenimiento predictivo y preventivo las maquinas en cualquier línea de producción alargando la vida útil y beneficiando a la empresa en la que se realicen estos muestreos y análisis.

Cuando hablamos de la industria hablamos de procesos productivos y en la mayoría de procesos podemos encontrar reductores, moto reductores, acoples dinámicos y elementos que utilizan aceite, nosotros podemos tomar muestras en cantidades pequeñas de estos equipos para realizar análisis, las mismas que al ser mínimas cantidades no influirán en el desempeño y funcionamiento de los equipos, con estas muestras se puede dar un diagnóstico preventivo para el mantenimiento y conservación de estos elementos de la línea de producción.

Con estas muestras y con la necesidad de aprendizaje en estudios de comportamiento de fluidos en la educación superior encontramos que estos dispositivos para análisis microfluídicos son importantes en análisis muestras, tratamientos y detecciones usando un pequeño aparato, el tamaño de estos

dispositivos reduce costos, espacio y transporte, también es fácil de acumular y almacenar.

Ubicación



Imagen 3 Universidad Tecnológica Indoamericana, Ambato
Fuente: (Pagina Virtual UTI, 2022)

Datos de la empresa

Razón Social: Universidad Tecnológica Indoamericana

Ubicación: Ambato

Dirección: Av. Manuelita Sáenz y Agramonte

Teléfono: 032588332

Problema de la investigación

Como se ha determinado que los dispositivos microfluídicos han revolucionado los distintos campos químicos y biológicos, permitiendo controlar los fluidos y realizar su análisis a escala muy pequeña. Hablando de nuestro país este mercado aun es nuevo y más aún en el campo industrial que las empresas aún no se han involucrado en su totalidad, abriendo la posibilidad de crear un mercado con precios y calidad competente, sabiendo que por el momento solo se encuentra dichos dispositivos por son importados y por ende son difíciles de adquirir.

La universidad cuenta con una infraestructura la cual tiene laboratorios para el aprendizaje práctico y experimental.

En la actualidad existen 9 laboratorios a disposición de la facultad entre los cuales están: laboratorio de soldadura, análisis finitos, CAD/CAM, Robótica, cadena de producción, instalaciones eléctricas, hidráulica, neumática, ciencias básicas. (Indoam 2010). De los cuales en un solo laboratorio se dispone a realizar pruebas de mecánica de fluidos y ensayos de comportamiento de los mismos en ambientes controlados.

Diagrama de procesos de modelado de un dispositivo de análisis microfluídico

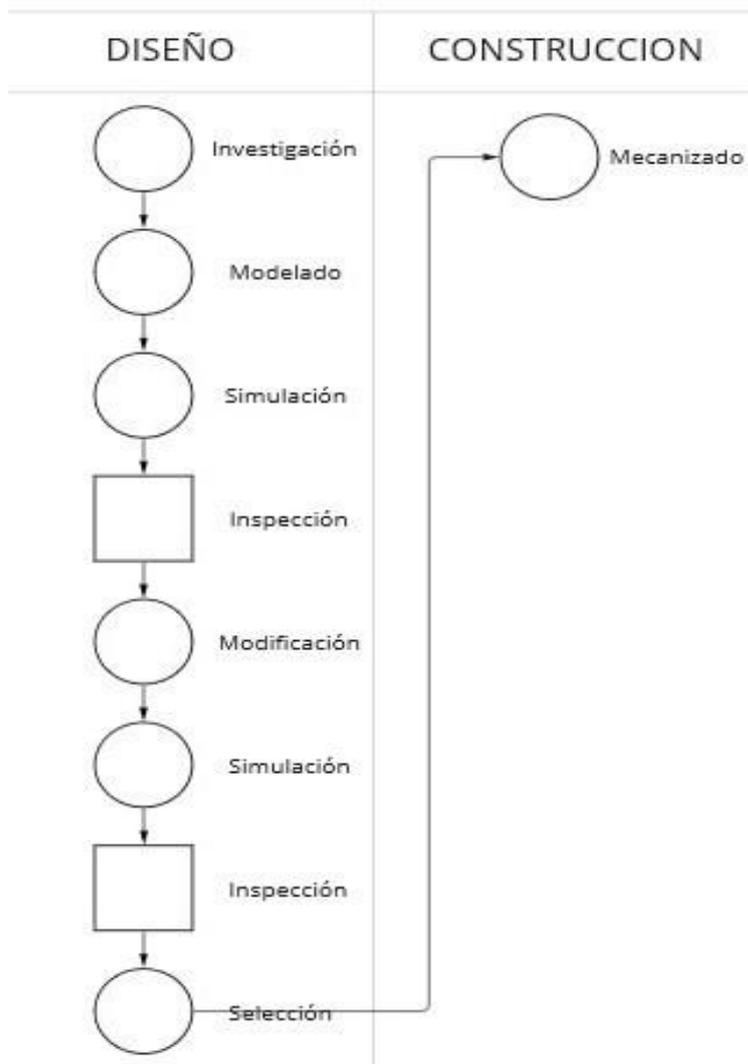


Imagen 4 Procesos de modelado de un dispositivo de análisis microfluídico
Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

ETAPA I

Diseño

- Investigación de diseño para modelar

Analizamos la información relacionada a estos dispositivos y seleccionamos lo más relevante para poder crear un modelo práctico y funcional.

- Modelado en CAD

Con la información obtenida en el paso anterior empezamos el modelado cumpliendo con parámetros y requisitos necesarios, se definen las geometrías, las condiciones de medida, tamaños, número de puertos de entrada salida, así como el principio de funcionamiento.

- Simulación del diseño

La simulación del diseño implica definir las condiciones de funcionamiento del dispositivo. Se definen las condiciones de contorno, los materiales, las variables entradas salida, así como la direccionalidad de flujo (Densidad, fluidez, rapidez, entre otros parámetros)

- Disposición visual del dispositivo y el comportamiento del flujo en la simulación con el programa.
- Análisis de comportamiento del flujo.

Realizamos cambios a partir de las condiciones necesarias para poder fabricar un dispositivo, caso contrario se realiza ajustes al diseño en el siguiente paso.

- Modificación y corrección

Se realiza ajustes en las condiciones geométricas para realizar una etapa de:

- Rediseño y simulación

Se realiza una nueva evaluación del dispositivo verificando la funcionalidad y las condiciones físicas y geométricas necesarias para poder tener un modelo reproducible.

- Inspección del diseño

Se realiza la inspección del diseño considerando las limitaciones de la herramienta CNC considerando el tipo de acabado mecánico de materiales, tratando de reducir al máximo las rugosidades e imperfecciones por error de máquina.

- Selección del diseño aprobado

Con el diseño seleccionado y revisado se selecciona un modelo de tal forma que pueda considerarse reproducible mediante herramientas de fabricación CNC.

ETAPA II

Construcción

- Mecanizado del diseño aprobado

Como mecanizado tenemos al conjunto de pasos necesarios para dar forma determinada a un material como metal, plástico, madera o cerámica, es así que una vez seleccionado el diseño se realizara dicho mecanizado en la maquina seleccionada para el dispositivo que es mediante láser.

Aceites en la Industria

Llamamos aceites industriales a los fluidos o sustancias que evitan el exceso de fricción entre partes de un equipo o máquina de la industria, estos aceites tienen un tiempo de vida o usabilidad o vida útil de 10000 horas o 1 año, puesto que estos aceites deben mantener las condiciones físicas, químicas, además de mantener un gasto equilibrado en la empresa por mantenimiento, se requiere de mecanismos que permitan disponer de técnicas de detección rápida en aceite.

Los aceites lubricantes industriales son elementos indispensables en la maquinaria industrial porque evitan el desgaste mecánico. Si hablamos de un procedimiento indispensable para la conservación de equipos estamos hablando de lubricación. Para poder tener cualquier maquina funcional se deben conocer las condiciones normales de trabajo, así como temperaturas, efectos y comportamiento de la maquina cuando trabaja bien y diferenciar cuando presenta un desperfecto.

Tipos de aceites industriales

Para lubricación de maquinaria tenemos varios tipos de aceites industriales, de estos se desprende la siguiente clasificación, minerales, sintéticos y semisintéticos.

Aceites minerales. Estos son directamente derivados del petróleo los mismos que no tienen ningún proceso químico adicional. Al no someterse a mejoras tiene residuos e impurezas naturales de los hidrocarburos además de contaminantes característicos del petróleo crudo. (Moreno, 2021).

Características

- Es más denso, tiene un grado de fluidez mucho más alto.
- Las viscosidades de estos aceites son mucho más altas (20W-50, por ejemplo)
- Tienen un rendimiento no mayor que 12,000 Km
- Usarlo en un motor moderno podría traer mayores gastos a largo

Aceites sintéticos. - Los aceites sintéticos tienen compuestos que ayudan a mejorar sus características logrando elevar su desempeño, se crean con reacciones moleculares y con eso se mejoran las características para ser bombeados con baja temperatura manteniendo una estabilidad térmica sin que se formen sedimentos en los depósitos. La mejora en sus características se evidencia en la resistencia frente al trabajo, mantienen su temperatura, viscosidad y resistencia a los desgastes producidos por la fricción entre elementos, aumentando la vida útil de las maquinas que llevan este tipo de aceite (Moreno, 2021).

Características

- Excelente opción para motores de uso severo.
- Proporciona una gran estabilidad térmica y altas propiedades de limpieza.
- Este aceite no se puede utilizar en alta temperaturas.

Aceites semi sintéticos. – Estos aceites se caracterizan por tener menos compuestos químicos que aumenten su desempeño y son mezclados con aceites

minerales básicos, estos aceites se caracterizan por tener mejor comportamiento en los equipos o maquinaria (Moreno, 2021).

Características

- Estos aceites mezclan aceite mineral con aceite sintético predominando el mineral
- El aceite semi sintético tiene mejor resistencia a fluctuación de densidad con altas o bajas temperaturas (Gutiérrez, 2020).

Necesidad del análisis de aceite en una industria

Cada equipo o maquinaria viene con un catálogo en el cual se establece con qué frecuencia se deben realizar los análisis de aceites dependiendo del tipo de equipo los componentes el tiempo de trabajo además de los esfuerzos a los que está sometido durante su funcionamiento (Trujillo, 2021).

Además debemos tomar en cuenta los análisis para alargar la vida de la maquinaria que trabaja con aceites, se deben realizar análisis sean estos análisis rápidos o análisis que pueda demostrar la condición de trabajo que tienen sus partes, también podemos tomar en cuenta las inspecciones realizadas por cada uno de los técnicos en las cuales se especificarán si existen variaciones de temperatura, el cuál sería un indicativo de que algo está funcionando mal en los equipos siendo el siguiente paso un análisis rápido de aceite en el cual podemos evidenciar si existen cuerpos extraños sedimentos o distorsión en su viscosidad (Trujillo, 2021).

Las consecuencias de no realizar un análisis predictivo en las máquinas de la línea de producción graves, entre ellas la pérdida total o parcial de una de las maquinas además del costo que tiene una parada emergente o no programada ya que se interrumpe la línea de producción generando costos que dependiendo de la industria pueden representar sumas altas de dinero, de ahí la importancia de un análisis rápido de aceite (Trujillo, 2021).

Grados de viscosidad de los aceites

Cuando hablamos de viscosidad nos referimos a la resistencia que tiene un aceite para fluir o moverse bajo condiciones específicas o también se considera a la característica de permanecer en la superficie de un componente mecánico (Trujillo, 2021).

Dentro de los grados de viscosidad tenemos:

Tabla 1 Grados de viscosidad

GRADOS DE VISCOCIDAD		
GTRADOS SAE	Sociedad de Ingenieros automotrices	Aceites de engranajes de motor
GRADOS AGMA	Sociedad Americana de fabricantes de Engranajes	Aceites de engranajes
SUS	Segundos Saybolt Universal	
cSt	Viscosidad cinemática en centiestokes	Aceites de viscosidad absoluta

Fuente: (Trujillo, 2021).

En la tabla 1 se presenta los grados de viscosidad según las diferentes clasificaciones, de acuerdo a las diferentes sociedades que así lo establecen.

Clasificación de Viscosidad ISO

Si hablamos de temperatura de trabajo para la clasificación debemos mencionar un promedio de temperatura de trabajo en el que se establezca la viscosidad. Definimos el lubricante tomando en cuenta el índice de viscosidad. Como referencia de un estudio encontramos que la temperatura tomada en cuenta para la selección de aceites es de 40°C (104°F) (Trujillo, 2021).

Tabla 2 Grados de Viscosidad

Grado de viscosidad ISO VG	Viscosidad cinemática media cSt @ 40°C	Límite inferior cSt @ 40°C	Límite superior cSt @ 40°C
2	2.2	1.98	2.42
3	3.2	2.88	3.52
5	4.6	4.14	5.06
7	6.80	6.12	7.48
10	10	9.00	11.00
15	15	13.50	16.50

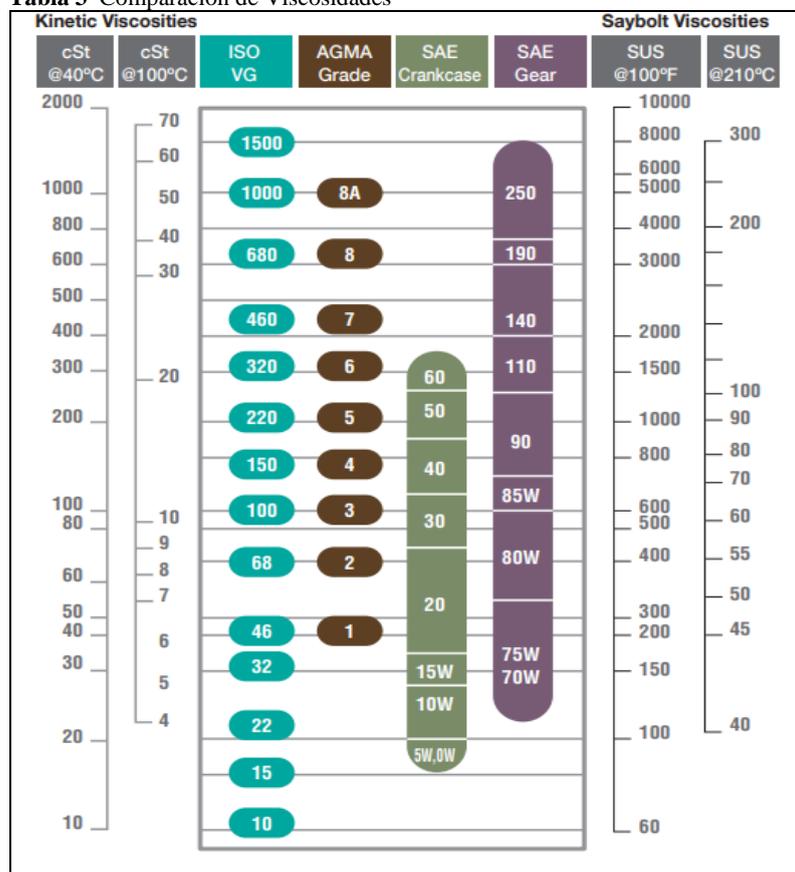
22	22	19.80	24.20
32	32	28.80	35.20
46	46	41.40	50.60
68	68	61.20	74.80
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352
460	460	414	506
680	680	612	748
1000	1000	900	1100
1500	1500	1350	1650

Fuente: (Trujillo, 2021)

En la tabla 2 se detalla los diferentes grados de viscosidad, es decir se habla de esta clasificación podemos encontrar las características y temperaturas que se toman en cuenta para poder diferenciar los diferentes rangos de viscosidad independientemente seleccionados para cada actividad de trabajo de los equipos, tomando como base 40°C (104°F) (Trujillo, 2021).

Clasificación comparativa de viscosidad

Tabla 3 Comparación de Viscosidades



Fuente: (Trujillo, 2021)

En la Tabla 3, tenemos el detalle de los aceites más usados y que son de frecuente circulación en el mercado, esta tabla ayuda a identificar los aceites de acuerdo a su viscosidad y sus equivalentes de acuerdo a las normas a las que cada uno de ellos se rige.

Comparativa de análisis estándar de aceite

El método de muestreo para el análisis de aceite se realiza de dos maneras, donde se presenta la **Muestra 1: Válvula de muestreo**



Imagen 5 Muestreo tomado de válvula muestreador.
Fuente: Empresa UCEM (2022).

En muchos equipos que usan aceite se encuentra este tipo de válvulas para muestras, están ubicadas a una altura suficiente para que el aceite tenga la mayor estabilidad posible, acceso a la muestra de aceite sin el uso de otro dispositivo, evitando el contacto directo y una posible contaminación.

También se establece la **Muestra 2: Vampiro** o dispositivo para extraer muestra de aceite.



Imagen 6 Muestreo tomado con un dispositivo (vampiro).
Fuente: Empresa UCEM (2022).

El vampiro o extractor de muestras se usa para obtener una muestra de aceite cuando el equipo o maquina no dispone de la toma para muestras, para su adecuado uso se deben mantener limpieza del equipo, área libre de contaminantes, manguera de extracción y recipientes individuales para cada muestra.

Empresa 1 MOBILSERV

Esta es una de las empresas que realizan análisis de aceite, siendo esta la más precisa, en las tablas 4 y 5 se puede evidenciar el reporte general de una muestra de aceite, en la que se detalla las características totales de la muestra en comparación con un banco de indicadores de una muestra de aceite sin uso, el reporte indica si el aceite aún mantiene las características fisicoquímicas adecuadas para los requerimientos de lubricación necesario en una máquina.

Tabla 4 Análisis de aceite Empresa Mobilserv

	DETALLE
CALIDAD	
Confirmación de resultados con novedades	SI
Incluye informe	SI
TIEMPO	
Tiempo de entrega de resultados	45 días
Realizan muestreo	SI
Transportan las muestras	SI
COSTO	
Por muestra	65\$

Fuente: Informe Análisis de aceite Empresa Movilserv

Elaborado por: Sánchez, Víctor (2022)

Informe:

En la tabla 4 se detalla el informe según el (ISO Code 4406:1999 22/22/21) La muestra presenta su viscosidad en niveles satisfactorio. La muestra presenta una concentración excesiva de hierro, cobre, plomo, cromo y estaño. Se recomienda investigar la causa del desgaste observado e intervenir para corregir en caso de ser necesario. El aceite correspondiente no se encuentra apto para continuar en servicio.

En la tabla 5 se muestra el resumen de los resultados del informe, donde se muestran los detalles de una muestra de aceite de 250ml.

Tabla 5 Informe Análisis de aceite Empresa Mobilserv

		Alerta	
		ID de la unidad: 4R1.FN1	ID del activo: 51410757
Información de la cuenta		Descripción: SOPORTE 1 LADO RODETE	
@ID: 409671	Información de la Muestra	ID de la Muestra:BO1082312338	Información sobre equipo
Nombre: UCEM S.A. CHIMBORAZO-PLANTA	Nivel de servicio: Mejorado	Clase de Activo: Sistema de Circulación	Fabricante:
Dirección: Panamericana Sur Km 14 Via la Costa, Riobamba,Chimborazo Ecuador EC Cuenta de los padres: DISMARK	Identificación de la botella: b056689033 Lubricante de la Prueba: MOBIL DTE 25	Modelo:	Lubricante: MOBIL DTE 25
Información de la Muestra	Estado del Reporte	Alerta	Viscosidad 53.9 Visc@40C (cSt) Desgaste 100 Sn (Estaño)Pb (Plomo) 50 Ni (Niquel) Fe (Hierro) Cu (Cobre)Cr (Cromo) 0 Al (Aluminio) Ag (Plata)
	ID de la Muestra	BO1082312338	
	Nivel de servicio	Mejorado	
	Identificación de la botella	b056689033	
	Lubricante de la Prueba	MOBIL DTE 25	
	Muestreada	12 mar. 2021	
	Reportado	30 mar. 2021	
	Edad del equipo	27	
	Unidad de Medida del Equipo	@Months	
	Edad del aceite	6	
Lubricante	Unidad de Medida del Aceite	@Months	Contaminantes 7.5 5 2.5 Si (Silicio) K Na (Sodio)
	Volumen de relleno		
	Aceite cambiado	No	
	Filtro cambiado	No	
	Embalse Temp	40	
	UOM de temperatura	C	
	Clasificación de Contaminación	Normal	
	Clasificación de Equipo	Alerta	
	Estado del lubricante	PRECAUCIÓN	
	Código de ISO diluido (4/6/14)	26/25/20	
Desgaste (ppm)	Conteo de partículas (diluido) > 4um	334069	Propiedades físicas 1.5 1 0.5 Oxidación (Ab/cm)
	Conteo de partículas (diluido) > 6um	250278	
	Conteo de partículas (diluido) > 14um	8033	
	Índice PQ	272	
	Visc@40C (cSt)	53.9	
	Oxidación (Ab/cm)	1	
	Agua (% Vol)	0.005	
	Ag (Plata)	0	
	Al (Aluminio)	1	
	Cr (Cromo)	0	
Cu (Cobre)	86		
Fe (Hierro)	21		
Mo (Molibdeno)	1		
Ni (Niquel)	1		
Pb (Plomo)	0		
Sn (Estaño)	0		

Fuente: Informe Análisis de aceite Empresa Movilserv

Elaborado por: Sánchez, Víctor (2022)

En la tabla 5 se encuentra detallada el análisis de aceites de la Empresa Movilserv, evidenciando las diferentes características de las muestras de aceites.

Empresa 2 AMART ASSISTANCE

Esta empresa realiza análisis de aceite en laboratorio, entregando resultados básicos no tan detallados, los informes evidencian características específicas de las muestras de aceite comparadas con muestras estándar de aceites, se incluye entre los detalles porcentaje de humedad y porcentaje en partes por millos de partículas, el inconveniente con estas empresas es el tiempo de entrega de resultados que va de 15 a 45 días.

Tabla 6 Análisis de aceite Empresa SmartAssitance

 Smart Assistance	DETALLE
CALIDAD	
Confirmación de resultados con novedades	NO
Incluye informe	SI
TIEMPO	
Tiempo de entrega de resultados	30 días
Realizan muestreo	NO
Transportan las muestras	NO
COSTO	
Por muestra	\$ 45

Fuente: Informe Análisis de aceite Empresa SmartAssitance

Elaborado por: Sánchez, Víctor (2022)

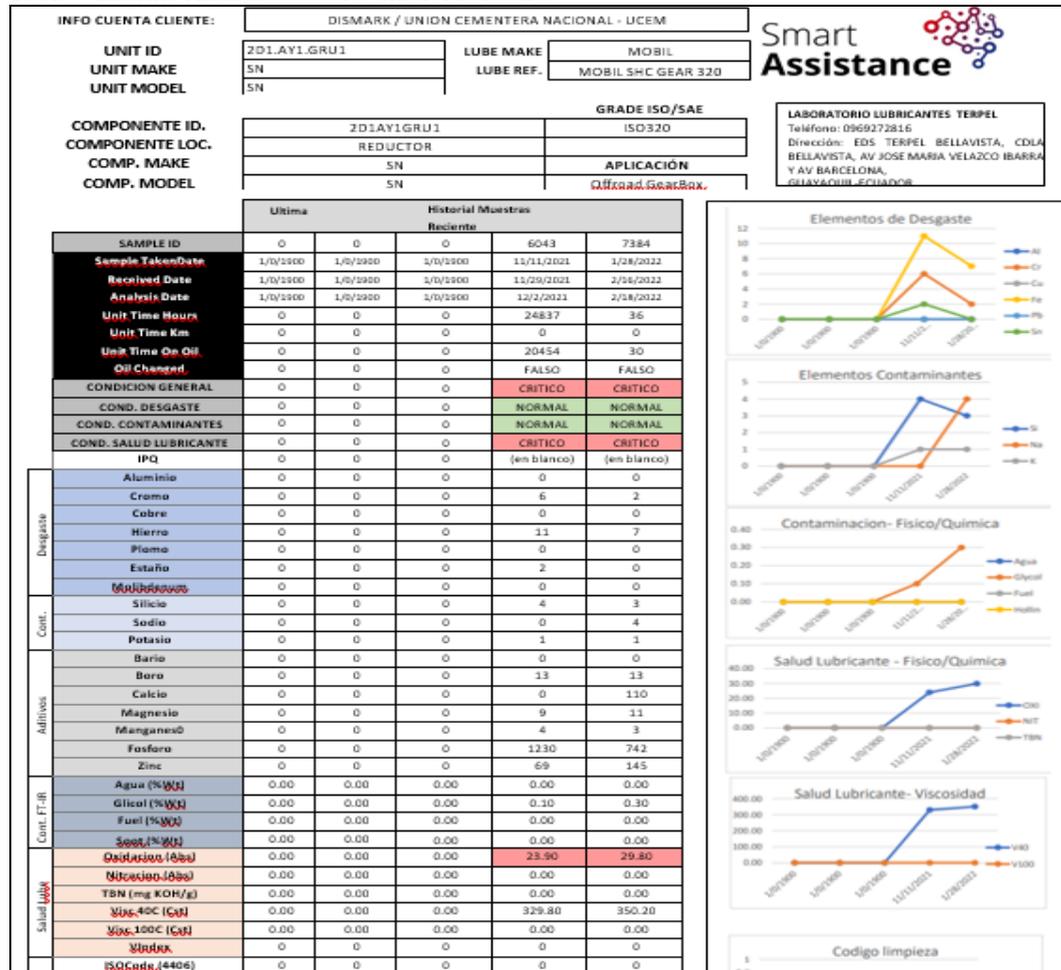
En la tabla 6, se encuentra detallada el análisis de aceite de la empresa SmartAssitance, donde se evidencia cada uno de los resultados que ayuda a tomar las decisiones.

Informe:

- Se presenta un grado severo oxidación indicado.
- Sospecha de alta temperatura de funcionamiento o sobre el drenaje de aceite extendido.
- El drenaje de aceite y la recarga pueden ser necesarios.
- Presenta un alto porcentaje de humedad en la muestra, se recomienda sistema de aislamiento de humedad para extender la vida útil del aceite.

En la tabla 6 se menciona el listado detallado de los resultados del análisis de aceite entregado por la empresa SmartAssitance, en el que se evidencia el costo y el tiempo que tarda en llegar los resultados.

Tabla 7 Informe Análisis de aceite Smart Assistance



Fuente: Informe Análisis de aceite Empresa SmartAssitance
 Elaborado por: Sánchez, Víctor (2022)

En la tabla 7 se detallan las novedades encontradas en comparación con la muestra base del aceite, sobresale las alteraciones que se encuentran en la última muestra en comparación con los análisis anteriores y hacen una recomendación básica con las novedades encontradas.

Área de estudio:

Tabla 8 Área de estudio

Área de estudio	Delimitación del objetivo de estudio
Dominio:	Tecnología y sociedad
Línea de investigación:	Sistemas industriales
Campo:	Ingenierías industriales
Área:	Gestión de la calidad
Aspectos:	Norma de calidad ISO
Objetivos:	Modelar un dispositivo de microfluídica para aplicaciones en ciencias básicas de la Universidad Tecnológica Indoamérica.
Período de análisis:	2022

Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En la tabla 8 se establece el estudio que se realiza es de gran importancia porque permite modelar un dispositivo de microfluídica para aplicaciones en ciencias básicas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, las mismas que seguirán una base tecnológica para logrando la competitividad, innovación, conocimiento, el diseño y la construcción cumplirán con las Normas de calidad necesarias.

Para definir el material que se usa en estos dispositivos, se tiene que cumplir de acuerdo a los reglamentos implementados y necesidades que están contemplados en la siguiente norma, los que nos ayudan a entender los alcances del uso de los materiales plásticos que encontrar en el mercado como el acrílico que se usa en la manufactura de estos dispositivos.

Norma NTE INEN-ISO 28941-1

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 28941-1
Primera edición
2014-01**

Plásticos. Materiales poli (éter de fenilo) (ppe) para moldeo y extrusión. Parte 1: sistema de designación y bases para las especificaciones (iso 28941-1:2008, idt)

Plastics. Poly (phenylene ether) (ppe) moulding and extrusion materials. Part 1: designation system and basis for specification (iso 28941-1:2008, idt)

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta parte de la Norma ISO 28941 establece un sistema de designación para los materiales termoplásticos de PPE que puede emplearse como base para las especificaciones.

1.2 Los distintos tipos de plástico PPE se diferencian entre si mediante un sistema de clasificación basado en los niveles apropiados de las siguientes propiedades de designación.

- a) temperatura de flexión bajo carga;
- b) Índice de fluidez en volumen;
- c) resistencia al impacto Charpy con probeta entallada;
- d) inflamabilidad;

En la información disponible sobre los parámetros básicos de polímeros, la aplicación prevista y/o el método de procesado, propiedades importantes, aditivos, colorantes, cargas y materiales de refuerzo.

1.3 Esta parte de la Norma ISO 28941 se aplica a todos los materiales de PPE, incluyendo aquellos modificados con poliestireno, poliamida u otros materiales.

Es aplicable a materiales de PPE listos para su uso normal en forma de polvo, gránulos, pastillas o escamas y a los materiales no modificados o modificados por colorantes, aditivos, cargas, etc.

1.4 No se intenta dar a entender que materiales de igual designación tienen necesariamente el mismo comportamiento.

Esta parte de la Norma ISO 28941 no proporciona datos para su uso en ingeniería, de comportamiento o relativos a las condiciones de proceso, que pueden ser

necesarios para especificar un material para una aplicación y/o un método de transformación particular.

Si se requieren estas propiedades adicionales, deben determinarse, si procede, de acuerdo con los métodos de ensayo especificados en la Norma ISO 15103-2.

1.5 Con el fin de especificar un material termoplástico para una aplicación particular o de asegurar un procesado reproducible, pueden darse requisitos adicionales en el bloque de datos 5.

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de esta).

ISO 1043-1 Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 1: Polímeros de base y sus características especiales.

ISO 15103-2 Plásticos. Materiales de poli (eter de fenilo) (PPE) para moldeo y extrusión. Parte 2: Preparación de probetas y determinación de propiedades (Norma NTE INEN-ISO 28941-1, 2014).

2.7. Modelo operativo:

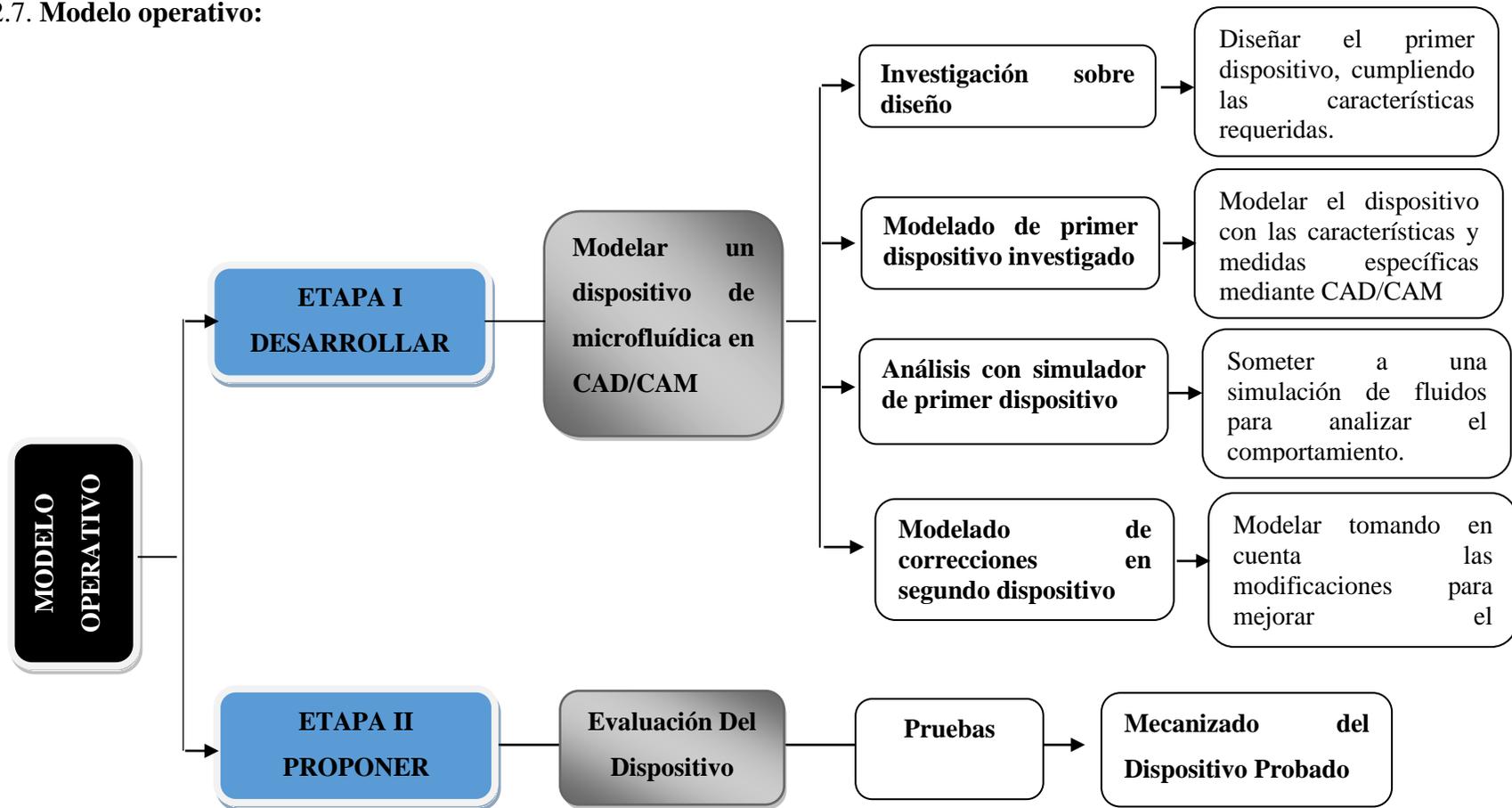


Imagen 7 Modelo Operativo
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Desarrollo del modelo operativo:

Modelar un Dispositivo de Microfluídica en CAD

- **Investigación del diseño**

Se investiga en distintas empresas los diferentes modelos de dispositivo para poder diseñar el primer dispositivo, cumpliendo las características requeridas.

- **Modelado de primer dispositivo investigado**

Mediante el uso de CAD, en este caso solidworks realizamos la simulación tomando en cuenta las dimensiones límite del láser que usaremos el mismo que nos limita a 500 micras como base y para compensar el corte será a una profundidad de 300 micras, lo que nos dará como resultado un dispositivo funcional.

- **Análisis con simulador de primer dispositivo**

Una vez generado el modelo de dispositivo lo sometemos a una simulación de fluidos para analizar el comportamiento.

- **Modelado de correcciones en segundo dispositivo**

Con el método seleccionado se realiza el modelado tomando en cuenta las modificaciones necesarias para mejorar el funcionamiento.

PROPONER DISPOSITIVO REPRODUCIBLE

- **Evaluación del dispositivo reproducible**

Se realizan pruebas definitivas y se dispone a mecanizar el dispositivo de acuerdo a características específicas y material analizado.

- **Mecanizado**

Cargamos el diseño en la máquina que realizará el corte se configuran los parámetros de acuerdo a las dimensiones para que el equipo no presente ningún inconveniente y se activa la maquina realizando el corte en no más de 1 minuto.

El proceso de corte y tallado de laser no tarda mucho, pero se realiza un conjunto de actividades internas muy complejas de funcionamiento, siendo esta actividad una técnica de manufactura digital que se basa en el corte de material plano sobre una mesa de trabajo usando una luz láser.

Este CNC tiene un mecanismo de posicionamiento cartesiano de dos dimensiones trabajando en el eje X y Y, el haz de láser se produce en la máquina y se posiciona sobre el eje X proyectándose con espejos a la parte frontal, concentrando en el mecanismo de bomba de aire y un lente, el software de la maquina transforma el dibujo en trayectorias y movimientos coordinados con el encendido y apagado de la fuente de luz láser con eso conseguimos el gravado y corte del dispositivo microfluídico.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta:

El tiempo para entrega de resultados, (El análisis se puede realizar de inmediato)

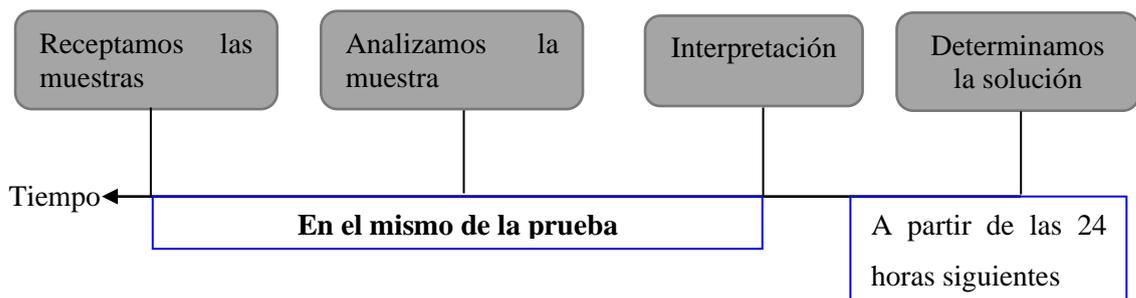


Imagen 8 Línea de tiempo Análisis- Acción.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Como se puede observar en el gráfico 6 se establece el tiempo estimado para realizar el análisis de aceites y reacción a lo encontrado, mediante un dispositivo microfluídico con un límite de 24 después de realizar el análisis de resultados y se determina la solución en caso de encontrar alguna novedad, tiempo y costes en este tipo de análisis se reducen.

En este dispositivo podemos hablar de muestras pequeñas de hasta 10 ml.

Las medidas de los aceites como muestra son de: 10 ml de cada muestra para realizar el test rápido reduciendo las muestras que se realizan con los análisis normales que sobrepasan los 250ml.

PARTE I

Diseño

- **Investigación de diseño**

Tomando en cuenta la investigación y basado en parámetros encontrados de dispositivos microfluídicos y de análisis de aceite se procede a diseñar el dispositivo con mejor calidad y eficiente con el uso de muestras no mayores a 1ml para el análisis de los aceites.

Se define a la geometría como base de la creación de estos dispositivos, se utiliza esta materia en el presente trabajo de investigación para ayudar a detallar las especificaciones de diseños anteriores de este tipo de dispositivos, con la viscosidad de aceite, e informes de análisis de aceites en los que se evidencia el micraje de las partículas encontradas en muestras históricas de equipos industriales, además del cálculo básico necesario, se determinan las medidas con las cuales realizar el modelado.

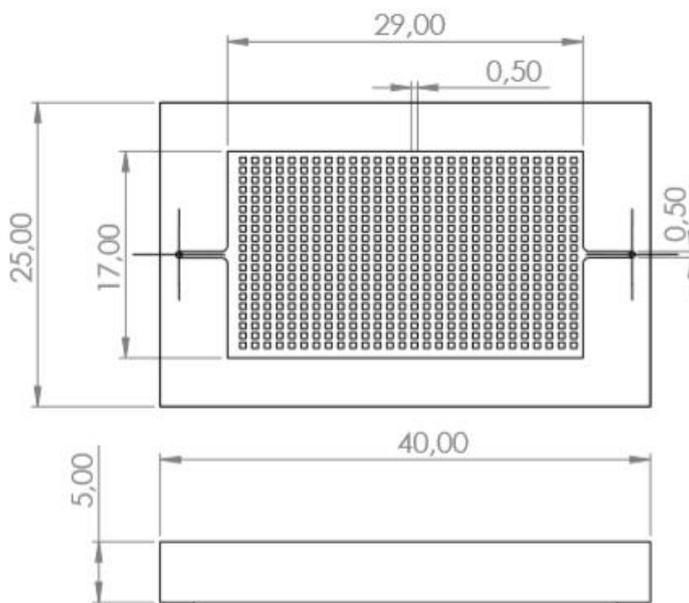


Imagen 9 Dimensiones primer diseño.

Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

- **Modelado en CAD**

Con base en la investigación empezamos a modelar el dispositivo con las dimensiones necesarias para su funcionamiento en este caso se aplicó en el programa CAD, teniendo en cuenta el modelo que se realiza y el modo correcto de navegación en 3D de AutoCAD se procede a seguir los siguientes pasos:

Paso 1.- Buscar la herramienta denominada “Orbita” y dentro de él, la opción “Orbita libre”, y se verifica la barra de herramientas de navegación.

Paso 2.- Seleccionar y arrastrar con el botón izquierdo del mouse los puntos de coordenadas X, Y, Z para establecer las medidas de algo, ancho y profundidad, mirando el triploide de la pantalla.

Paso 3.- clic “home” y selecciona “Modelintg” y luego “Box”.

Paso 4.- clic en la ventana y arrastrar para dar forma, luego dar clic otra vez para establecer su altura arrastrándolo hasta el punto que desee y finaliza con un clic para que se termine la creación.

Paso 5.- Escribir “Perspective 1” para activar el comando y que se vea la apariencia 3D que se busca.

Paso 6.- Para obtener un modelo solido real busca la pestaña “ilustración”.

Paso 7.- Seleccionar el menú “Estilos visuales” y luego el estilo visual “conceptual”.

Paso 8.- Para crear una vista de perspectiva debe seleccionar la forma con el botón derecho en la forma de la vista en la ventana en la que dibujaste y luego “Perspectiva”.

Paso 9.- En la pestaña “inicio” podrás tocar el botón “Sub objeto” y luego “vértice”.

- **Simulación de diseño**

Generamos un croquis nuevo en la cara de la estrucción y empezamos con el diseño de acuerdo a lo investigado tomando como base un cuadrado en el cual crearemos secciones de 500 micras con separación de 500 micras para que se

forme un mallado con una altura de 300 micras, el mismo que servirá como un tamiz que retener los sólidos que se encuentren en el aceite hidráulico.

Resultados de simulación.

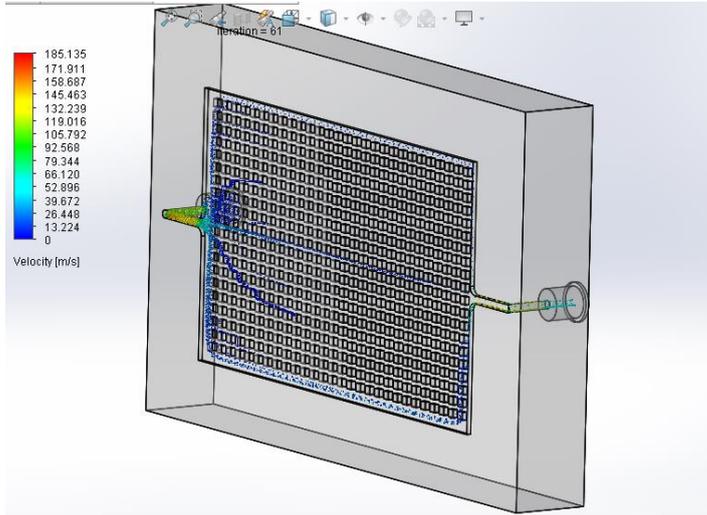


Imagen 10 Simulación primer diseño.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

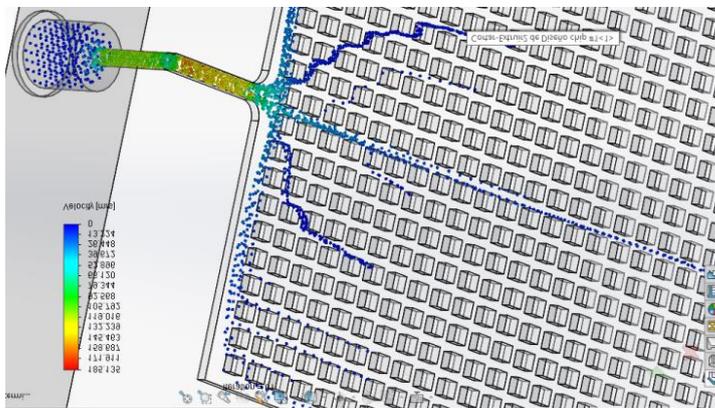


Imagen 11 Flujo de entrada simulación primer diseño.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Podemos observar que el dispositivo redirecciona el flujo para las esquinas y eso evitaría el funcionamiento adecuado del mismo.

Como conclusión debemos rediseñar este dispositivo para corregir errores visibles en la primera simulación.

- **Corrección de diseño**

Para el rediseño generamos el mismo sólido y conservamos las di menciones principales, creamos dos cilindros con un cuello intermedio además de generar 3 di menciones diferentes de mallado para la retención de sólidos o sedimentos mantenemos la altura de 300 micras y los cubos son generados de 500 x 500, 400 x 400y 300x 300 micras. Procedemos a realizar la simulación siguiendo los mismos pasos y conservando los mismos parámetros, para confirmar la mejora en su desempeño.

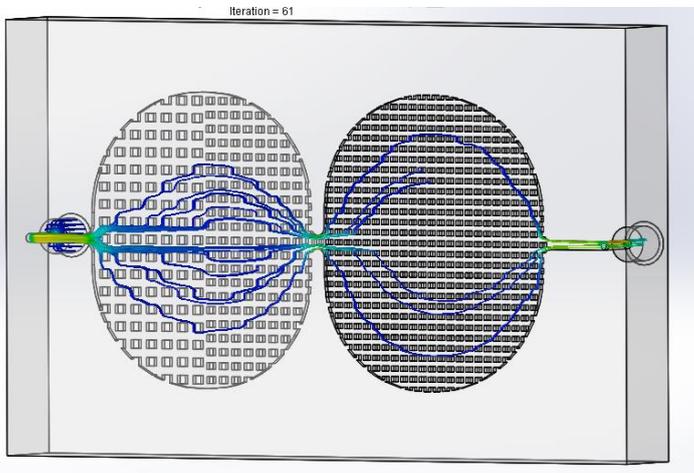


Imagen 12 Simulación diseño modificado.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Podemos observar que en este diseño existe una mejor distribución del fluido, pero forma una concentración de líquido en el cuello generado y esto nos podría ocasionar problemas con las muestras reales.

Como conclusión tenemos que realizar un nuevo rediseño para corregir los errores encontrados con la simulación. Una vez generado el diseño con las modificaciones, podemos realizar la simulación para comprobar el funcionamiento del dispositivo.

- **Simulación de corrección**

Mediante solidwoks se observamos que el diseño cumple con su ciclo evidenciando las mejoras en el diseño.

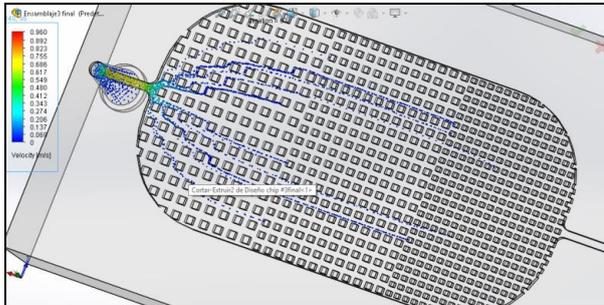


Imagen 13 Simulación final sección de entrada.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

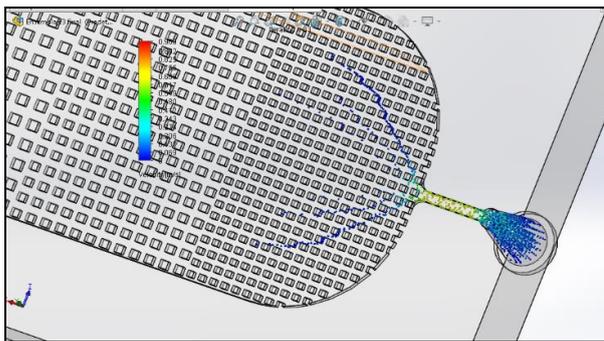


Imagen 14 Simulación final sección de salida.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Podemos notar la mejoría en la distribución de flujo y tenemos el diseño definitivo para análisis de sedimentos en aceite hidráulico.

Dispositivo para Análisis de Aceite Hidráulico Microfluídica

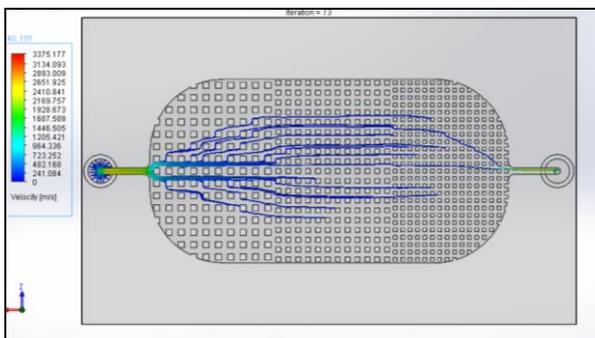


Imagen 15 Dispositivo de análisis de aceite hidráulico microfluídica
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En el gráfico 14 se observa el diseño final del dispositivo, tiene un detalle de la trayectoria y fluidez que tendrá el fluido analizado, el escalonado de las dimensiones presentado es para impedir el paso de las partículas o sedimentos que tenga cada muestra.

Dispositivo para Análisis de Aceite de Reductores Industriales Microfluídica

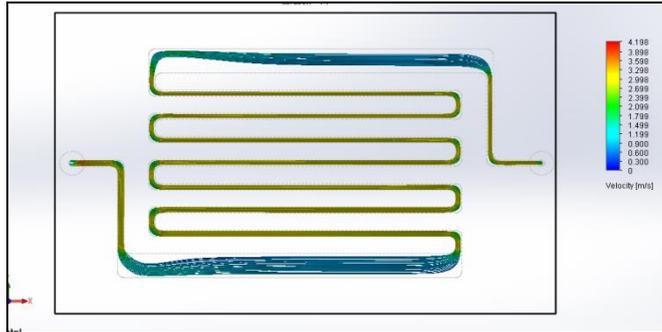


Imagen 16 Simulación Dispositivo de análisis de aceite de reductores industriales microfluídica
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En el gráfico 15 se muestra la trayectoria que seguirá el fluido analizado de aceite de moto reductor, en las secciones grandes se retendrán las partículas metálicas mediante un micro imán que será colocado luego de ser mecanizado el dispositivo.

- **Análisis de diseño**

Se verifica el gráfico y la proyección del flujo en este diseño y se confirma el funcionamiento adecuado.

- **Selección de diseño**

Con los resultados del análisis seleccionamos los dos diseños que serán producidos.

ETAPA II

Construcción

- **Mecanizado del diseño aprobado**

Una vez seleccionado el diseño se realiza el mecanizado en la maquina seleccionada en este caso un láser.

Colocamos el material seleccionado para el dispositivo y se ingresa los datos con los detalles del mismo, encendemos la máquina y se realiza el corte del diseño que creamos.

Etapas del mecanizado con laser

Mecanizado: Montaje de material, mecanizado de diseño, desmontaje de elemento creado.

Revisión: Se analiza el estado del elemento creado.

Reubicación: Cambio de lugar de elemento creado hasta su entrega.

Fabricación

El mecanizado de un elemento se realiza retirando material de una pieza hasta conformar un elemento con medidas y características según el diseño solicitado.

- **Mecanizado mediante laser**

Tabla 9 Comandos de mecanizado

Comandos G para mecanizado de dispositivo
G54 G90 G21
M03 S1800
G00 X0 Y0 Z5 A00
G01 Z0.15000 F100.0
G00 X4.07364 Y5.05956
G01 Z-0.01900 F1.0
G01 X4.07364 Y4.82581 F300.0
G01 X4.07364 Y4.81008 F300.0

G01 X4.07364 Y4.53055 F300.0
G01 X4.07364 Y4.51482 F300.0
G01 X4.07364 Y4.23530 F300.0
G01 X4.07364 Y4.21957 F300.0
G01 X4.07364 Y3.94004 F300.0
G01 X4.07364 Y3.87852 F300.0
G01 Z-0.03800 F1.
G01 X4.07364 Y3.94004 F300.0
G01 X4.07364 Y4.21957 F300.0
G01 X4.07364 Y4.23530 F300.0
G01 X4.07364 Y4.51482 F300.0
G01 X4.07364 Y4.53055 F300.0
G01 X4.07364 Y4.81008 F300.0
G01 X4.07364 Y4.82581 F300.0
G01 X4.07364 Y5.05956 F300.0
G01 Z-0.05700 F1.0

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

Estos comandos determinan las acciones y los límites de distancias en el proceso de mecanizado, cada uno de ellos van formando paso a paso la estructura de corte y la forma de este diseño. En este caso la maquina crea un rayo de alta potencia que dirigida al material base generara un elemento de medidas específicas, siendo este un proceso de mecanizado eficiente y rápido para la manufactura. Con este tipo de máquinas se pueden procesar todo tipo de materiales como acero, madera, cerámica, etc. También podemos mencionar que la radiación en este equipo es mínima lo que produce una menor exposición al calor del maquinado.



Imagen 17 Máquina de corte láser y representación esquemática de la misma
Fuente: (García, 2009)

- **Mecanizado con fresa o centro de mecanizado**

Este es un proceso en el cual se desprende material por etapas de un material base sobredimensionada para crear un elemento, Con una herramienta llamada fresa la que se acopla en el cabezal motriz se va desprendiendo material según la necesidad del diseño.

Operaciones

- Se sujeta el material base a la bancada de la máquina y se somete al encerado para poder empezar el tallado o mecanizado.
- En este equipo se puede dar todas las formas posibles al material siempre y cuando se cuente con todas las herramientas para el mecanizado.
- El desprendimiento de material es constante hasta crear la forma que fue ingresada como diseño y de acuerdo a la programación indicada.

Parámetros de fresado

La profundidad de corte se mide en décimas de milímetro.

Fresado Frontal y Cilíndrico

Tabla 10 Ecuaciones de fresado

1	$l = C + B + C = B + D$
2	$l = C + B + C = B + D$
3	$L = B + C = B + \sqrt{P_R} (D - P_R)$

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

En la tabla 9 detallamos las ecuaciones necesarias para poder establecer los parámetros del fresado tanto frontal y cilíndrico.

C: constantes

B: distancia de corte

D: diámetro de herramienta

Pr: profundidad por pasada

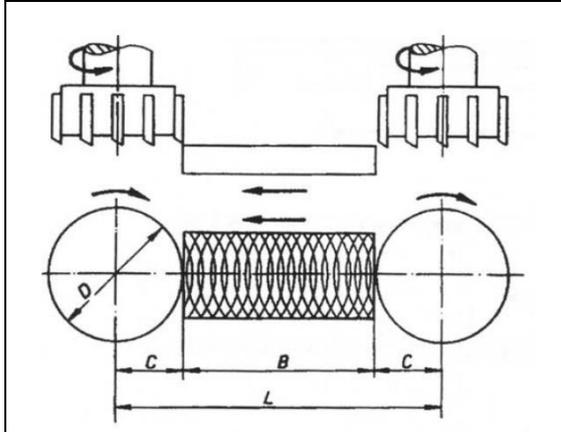


Imagen 18 Cálculos de tiempos en el fresado frontal
Fuente: (García, 2009)

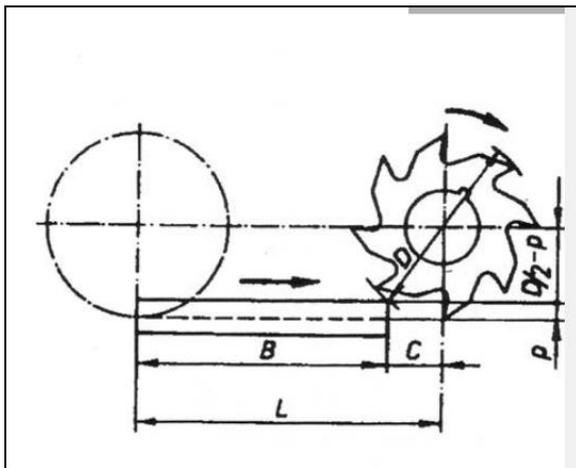


Imagen 19 Cálculos de tiempos en el fresado cilíndrico
Fuente: (García, 2009)

Resultados esperados

La presente investigación pretende disponer de un dispositivo microfluídico que permita realizar un análisis básico de aceites industriales

Dispositivo para Análisis de Aceite Hidráulico Microfluídica

Ventajas del dispositivo

- El diseño del dispositivo de microfluídica permite realizar el análisis rápido en aceites hidráulicos industriales.
- Permite identificar la existencia de residuos sólidos en el flujo de aceite hidráulico.
- Con el diseño del dispositivo de microfluídica se podrá evitar el deterioro prematuro de los aceites y con ello evitamos el daño permanente en los equipos.
- Desarrolla las funciones convencionales, pero de un modo portable y con un menor tiempo de respuesta.
- Analizando muestras de aceite, se podrá detectar posibles fallos en los equipos analizados los que pueden ser:
 - Condición del aceite.
 - Estado de la máquina.
 - Residuos del aceite o de la máquina.

Dispositivo para Análisis de Aceite de Reductores Industriales Microfluídica

Ventajas que brinda la implementación en la maquina

- Se obtiene una máquina que permite colocar imanes a los costados
- Atraerá las partículas metálicas de la muestra de aceite en el caso de tenerlas
- El dispositivo realizará análisis de aceite de reductores
- Atraerá las partículas metálicas de la muestra de aceite
- El dispositivo ayudará a que las partículas serán atraídas por los imanes de los costados dándonos como resultado un análisis rápido de prevención de daños.
- Con este análisis se logra mejorar el mantenimiento predictivo de las máquinas, obteniendo las siguientes ventajas.

- Se bajan los costos del mantenimiento;
- Se consigue confiabilidad en las maquinas;
- Reducción del mantenimiento no planificado;
- Alargamos la vida útil de los equipos.

Análisis de los acabados superficial de los conductos del dispositivo utilizando el equipo laser y utilizando el equipo del sistema mecanizado con fresa o CNC

Los acabados superficiales son importantes para el buen funcionamiento de un dispositivo con estas características, estos acabados definen parte importante de su funcionamiento y garantizan la confiabilidad de los resultados.

Características de un acabado en polímeros con equipo laser

- El láser es un equipo que retira material de un elemento o material base con muy alta potencia dando como resultados un acabado superficial netamente rugoso.
- Cuando se usa el láser como herramienta para dar forma en plásticos es muy práctico y rápido sobre todo para elementos de tamaño pequeño, debidos a su alta tecnología.
- El micro mecanizado en elementos plásticos mediante radiación de nanosegundos es un proceso de muy alta calidad sin tener el impacto térmico que producen otros procesos.

Resultados visualizados en un microscopio

Microscopio eclipse LV150

Las características de este microscopio es que es manual además de tipo revolver con una graduación de 5X hasta 100X, pudiendo conectarse a un computador para generar registro fotográfico de los análisis relocalizados, El tamaño máximo de las muestras es de 50mm por 50 mm.

Ventajas

- Fácil manipulación.
- Cuerpo liviano y transportable.
- Configuración de imágenes amigable con sistemas operativos.
- Iluminado con luz led.

Características

Tipo

- Iluminación led delicada.
- Revolver, manual.

Reporte de microscopia dispositivo de análisis para aceite hidráulico tallado con laser

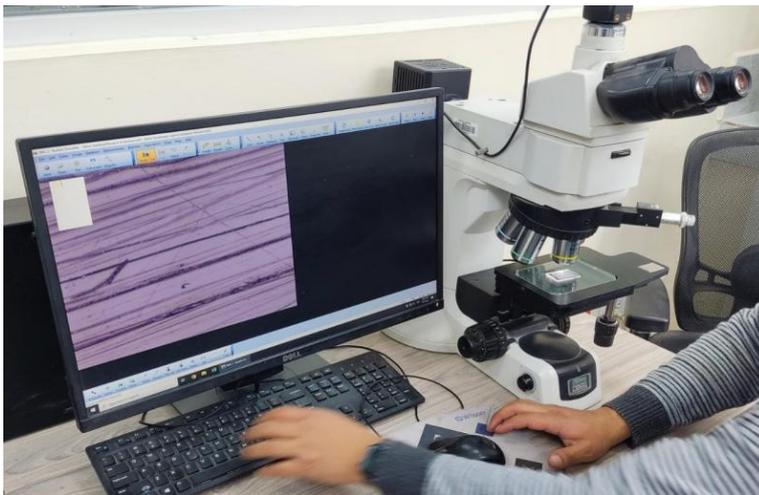


Imagen 20 Laboratorio de Calidad microscopia UCEM.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En el gráfico 19 se observa el equipo de microscopia del laboratorio industrial de la Empresa UCEM, microscopio Eclipse LV150.

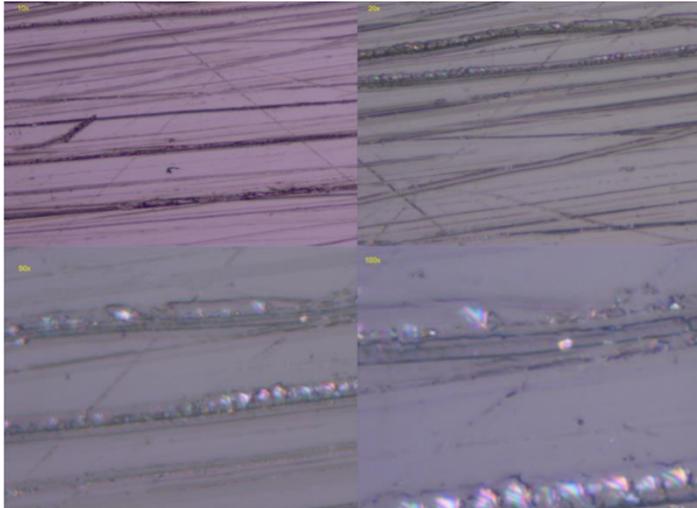


Imagen 21 Acabado superficial del dispositivo
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En el gráfico 20 se muestra los detalles de acabado con los aumentos 10X, 20X, 50X Y 100X, en los que se observa las características del corte láser con todas las irregularidades superficiales encontradas a diferentes aumentos, siendo las secciones irregulares características del material utilizado para desarrollar este dispositivo.

Pruebas iniciales realizadas en Laboratorio Universidad Indoamérica

Una vez realizada la inspección superficial de los dispositivos, se procede a limpiar con agua y jabón utilizando un cepillo para que las cerdas del cepillo ingresen hasta las coyunturas del maquinado laser.

Realizamos un secado rápido con papel de cocina y luego se debería secar de manera natural sin exponer los dispositivos a la intemperie ni a contaminantes externos, pero por la premura de los análisis se procede a utilizar una secadora, con la que disminuimos al máximo el tiempo del secado.

Obtenemos dispositivos secos y listos para la siguiente etapa del experimento mientras se prepara todos los elementos necesarios para pruebas iniciales con agua tinturada se coloca los dispositivos en un recipiente estéril hasta la prueba.



Imagen 22 Limpieza y secado de dispositivos.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Previo al uso de los dispositivos colocamos la capa superficial la misma que es de una lámina de hidrogel, se llegó a este uso tomando en cuenta experiencias con otro tipo de láminas como son, micas de teléfono normal, mica de vidrio, cristal con adhesivos, cristal con silicón, cristal con brujita.



Imagen 23 Colocado de mica de hidrogel.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Se procede a realizar las primeras pruebas con agua tinturada utilizando jeringuillas de 1ml, 3ml y de 5ml, hasta conseguir el ciclo completo del dispositivo y poder determinar si es o no funcional y pasar a la siguiente etapa que en este caso sería con muestras reales de aceite tomadas en UCEM.

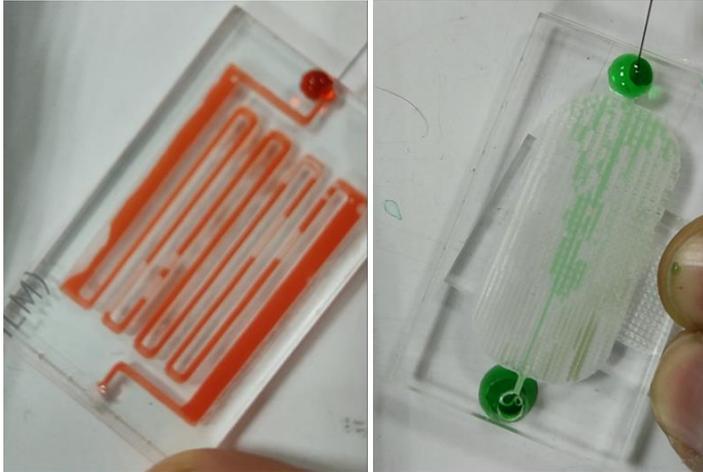


Imagen 24 Resultado de pruebas con agua tinturada.
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

Al realizar las pruebas podemos observar que los dispositivos funcionan en la circulación de del fluido, y además podemos observar que el flujo de nuestro liquido se presenta en una manera similar a la de las simulaciones realizadas en los programas utilizados para el diseño y confirmación de funcionamiento.

Es necesario mencionar que se debe preparar un equipo o elemento que nos sirva para poder manipular los dispositivos y mantenerlos sujetos para poder realizar los análisis.

Análisis de aceite con muestras reales – Aceite hidráulico y Aceite de reductor



Imagen 25 Muestras de aceite y dispositivos
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En el gráfico 24 se identifican las dos muestras de aceite tomadas de equipos en la empresa UCEM Cementos Chimborazo, y en la parte superior el dispositivo que se diseñó para cada tipo de aceite, tomando en cuenta las características de los posibles daños de los equipos.

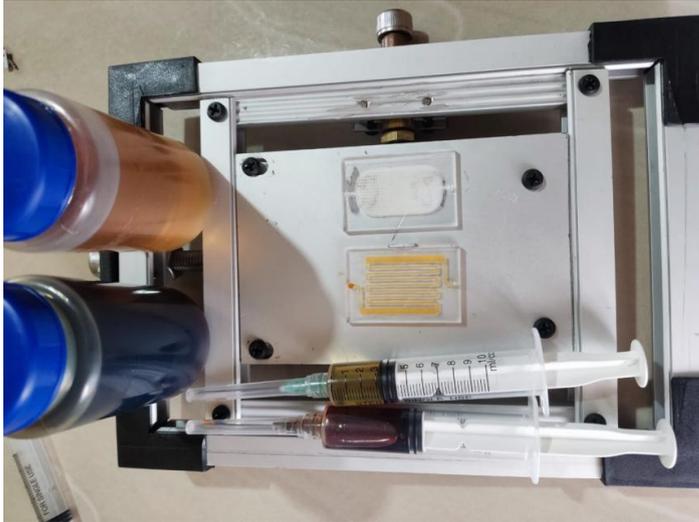


Imagen 26 Dispositivos con muestras de aceite
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

La muestra de aceite en el dispositivo 1 se toma de una moto reductora de sistema de transmisión del proceso de transporte de materia prima al silo de almacenamiento, el que presenta una temperatura de 50° con carga sobrepasando con 5° a la temperatura normal, se requiere resultado de la condición de aceite para validar mantenimiento.

La muestra de aceite en el dispositivo 2 se toma del depósito de aceite del sistema Hidráulico del enfriador Politrack el mismo que cumplió con las horas de trabajo mínimo recomendado por el proveedor.

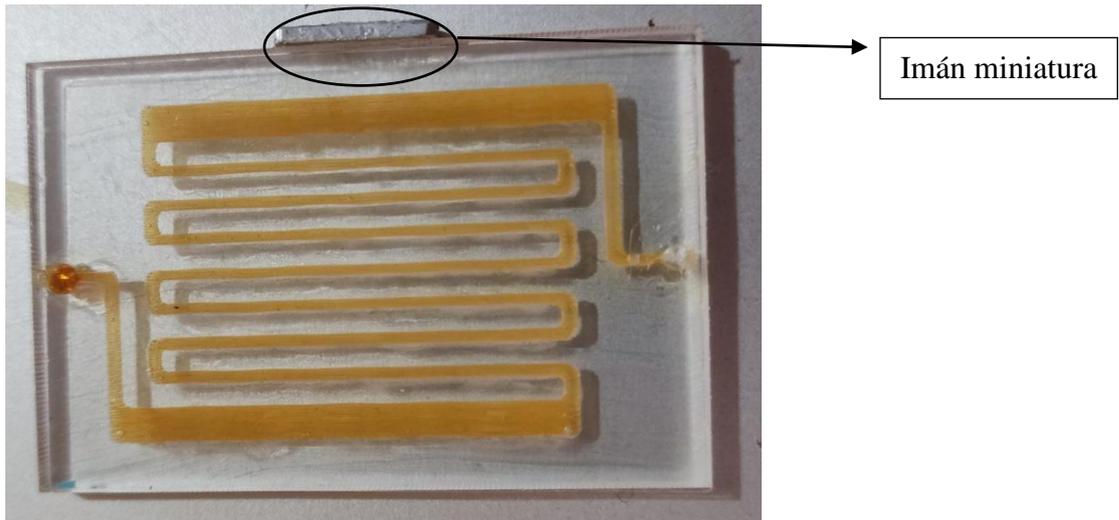


Imagen 27 Dispositivo con aceite sintético de moto reductor
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En la imagen 26 de la muestra del dispositivo 1 se observa que la muestra no presenta partículas metálicas descartando un desgaste prematuro en los elementos móviles que forman parte del reductor, se realiza un informe mencionando los resultados para realizar análisis físicos de funcionamiento que son la causa del incremento de temperatura.

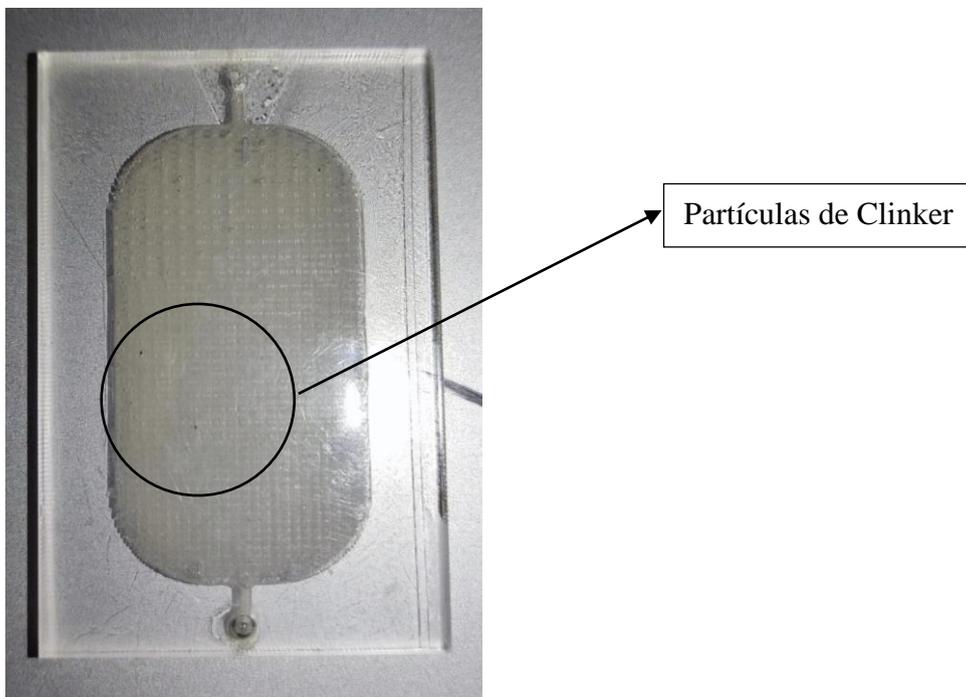


Imagen 28 Dispositivo con aceite hidráulico
Elaborado: Sánchez, Víctor (2022)

En la imagen 27 de la muestra del dispositivo 2 se puede observar partículas de Clinker presentes en la segunda etapa de tamiz, lo que nos da a entender que este aceite está contaminado.

Con este resultado se presenta un informe solicitando un análisis de confirmación para poder realizar el cambio de aceite por contaminación, para evitar el deterioro de líneas y cilindros tomando en cuenta que el Clinker es altamente corrosivo.

Se verifica que el dispositivo funciona y nos puede dar un diagnóstico rápido con el uso de una pequeña muestra (1ml).

Manual básico de uso de un dispositivo de microfluídico

Introducción

Todo dispositivo debe ser orientado con su respectivo manual, que busque brindar una explicación completa y concisa a los usuarios que ayude a entender el funcionamiento de un determinado dispositivo, y las mismas sean utilizadas de manera efectiva, es aquí donde radica la importancia del uso de un manual ya que en el viene implícito el contenido de su uso correcto, con este documento se puede conocer la estructura, construcción y funcionamiento y está dirigido a las personas que realicen las actividades tanto de uso como de mantenimiento.

La eficacia del dispositivo estará basada en el modo de uso del mismo para obtener los mejores resultados independientemente de quien sea el usuario, además de ser necesario conocer la mejor manera de conservación para alargar su vida útil.

Objetivos

- Implementar una guía para el uso adecuado del dispositivo de microfluídica, que son susceptibles a reutilizarse

- Establecer las recomendaciones específicas de dispositivos en lo posible generando una ficha de uso y conservación del dispositivo en buenas condiciones.

Alcance

Este manual se aplicará para el uso específico de los dispositivos microfluídicos para el análisis de aceites; será responsabilidad de la persona o técnico que realice los análisis, además de su inmediato superior quien supervisará el buen uso del dispositivo.

Definiciones

Dispositivo de microfluídica. –instrumento de análisis rápido para muestras de aceite.

Tecno vigilancia. – Actividades que ayuden a mantener operativo y en buenas condiciones los dispositivos de análisis de aceites (Vega, 2020).

Evento adverso. – Evento no planificado que perjudica un elemento u actividad.

Incidente. - Es un evento que puede ser potencialmente dañino, que generan impactos negativos en las operaciones (ISO 27001).

Rehúso. – Utilizar un elemento o dispositivo más de una vez.

Reprocesamiento. – Realizar actividades que dejen operativo el dispositivo.

Tabla 11 Manual de uso del dispositivo de microfluídica

FICHA TÉCNICA DE REHÚSO DEL DISPOSITIVO			
DISPOSITIVO DE MICROFLUÍDICA			
Clasificación de riesgo	1	Numero de rehúso	Hasta cumplir vida útil
Limpieza			
Realice la limpieza de los dispositivos con una mezcla de 1 parte de jabón y 10 partes de agua, durante 2 minutos y se retira el exceso con una toalla de cocina			

y se dejan secar los dispositivos en un área sin contaminación.
Disposición final
Una vez cumplido los ciclos de rehúso de desecha
Preparación
El dispositivo se debe esterilizar y se tiene que almacenar en empaques adecuados específicos e individuales, esto garantiza la limpieza y esterilización que debe tener antes de su usa para garantía de funcionamiento.
Desinfección
Se utilizará sustancias químicas para descontaminar la superficie del dispositivo sin dañar las superficies de los conductos.
Esterilización
La esterilización se utiliza fundamentalmente para procesar los accesorios del dispositivo y se logra por métodos físicos Haciendo circular por el dispositivo un líquido estéril.
Empaque
Empacar e identificar de manera adecuada, asegura que los dispositivos pueden funcionar de manera eficaz, también hace que sea fácil transportarlos y seleccionarlos según el dispositivo que sea necesario.
Hermetizado
El hermetizado se realiza para mantener la limpieza después de preparar los dispositivos, conservando los dispositivos seguros hasta el momento de usarlos. Los empaques deben ser revisados periódicamente para confirmar su buena conservación y se revisa el listado que presentamos.
<ul style="list-style-type: none"> • Condición externa de empaques. • Buena condición de sellado en la mica. • Nombre adecuado del dispositivo y su uso.

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

En la tabla 10 se detalla cada uno de los lineamientos del Manual de uso del dispositivo de microfluídica.

Evaluación de riesgos

Tabla 12 Evaluación de riesgo

Tareas	riesgo	Medidas minimizadoras de riesgo
Transporte de los dispositivos	Daño y contaminación	Instrucciones claras de operación, contenedores protectores para transporte
Limpieza manual preliminar de dispositivos usados y contaminados	Limpieza manual preliminar de endoscopios contaminados	Instrucciones claras de operación, materiales / equipos de limpieza adecuados, limpieza mecanizada
Carga desinfección y descarga de los dispositivos	Instrucciones claras de operación, contenedores protectores para transporte	Chequeos de compatibilidad, instrucciones claras de operación, materiales adecuados de limpieza y desinfección, auto desinfección térmica, mantenimiento preventivo
Almacenaje de los dispositivos limpios	Daño	Contenedores de transporte protectores, gabinetes adecuados de secado y almacenaje

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

En la tabla 11, describimos los parámetros para el análisis de riesgos tanto en relación a las tareas y a las medidas que minimicen el riesgo.

Cronograma de actividades

El cronograma que se planifica para la propuesta del presente trabajo de investigación se presenta en detalle en el siguiente cuadro, haciendo un análisis rápido de cada actividad relevante y se detalla a continuación:

Tabla 13 Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA								
NÚMERO	ACTIVIDAD	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	Fabricación de dispositivo. -Mecanizado de material con dimensiones seleccionadas.							

2	Caracterización del dispositivo. -Limpieza de impurezas y residuos del mecanizado en el dispositivo. -Esterilización de dispositivo y almacenaje seguro.								
3	Pruebas de funcionamiento. -Pruebas de encapsulado. -Pruebas con líquidos de diferentes densidades. -Pruebas con líquidos de limpieza.								
4	Evaluación con muestras reales. -Pruebas con aceite hidráulico. -Análisis de resultados. -Pruebas con aceite de reductor. -Análisis de resultados.								
5	Entrega de dispositivo a laboratorio de ciencias básicas de la universidad. -Se realiza la entrega del dispositivo luego de las pruebas.								

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

En la tabla 12, se describe cada una de las actividades que se va a desarrollar para el diseño del dispositivo de microfluídica.

Análisis de costos

Tabla 14 Costos de la propuesta

COSTOS DE LA PROPUESTA								
#	ACTIVIDAD	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
1	Fabricación de dispositivo. -Mecanizado de material con dimensiones seleccionadas.	\$5						
2	Caracterización del dispositivo. -Limpieza de impurezas y residuos del mecanizado en el dispositivo. -Esterilización de dispositivo y almacenaje seguro.		\$5					

3	Pruebas de funcionamiento. -Pruebas de encapsulado. -Pruebas con líquidos de diferentes densidades. -Pruebas con líquidos de limpieza.			5\$		
4	Evaluación con muestras reales. -Pruebas con aceite hidráulico. -Análisis de resultados. -Pruebas con aceite de reductor. -Análisis de resultados.				\$2	
5	Entrega de dispositivo a laboratorio de ciencias básicas de la universidad. -Se realiza la entrega del dispositivo luego de las pruebas.					\$1
TOTAL		\$13				

Elaborado por: Víctor Sánchez (2022)

En la tabla 13 describimos los pasos para la realización de la propuesta se presenta varias máquinas para el desarrollo del proceso de diseño de los dispositivos, para lo cual se expone posibles marcas, capacidad, cantidad y costos de las mismas, para lo cual se detallará a continuación.

- **Computador.** Características mínimas, I7, 16 Gb de RAM, disco sólido.
- **Cortador laser.** Características mínimas Tubo de CO2 de 80w, con potencia de grabado de 30% y velocidad de 400mm/s, resolución de 0.1mm.
- **Fresa universal.** Características mínimas 60 watts, 100-240V, precisión de 0.01mm.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Dentro de la revisión del estado del arte de los sistemas microfluídicos, como punto importante se encontró, el artículo de Gutiérrez, J. con el tema “Desarrollo de una plataforma Microfluidica Para análisis genómico” en el que detalla el análisis de Fluidos en micras, siendo un elemento fundamental en el desarrollo de la investigación porque permitió aclarar los conceptos que abordaron las explicaciones tanto para el diseño del dispositivo de microfluídicos como en el análisis de los aceites como elemento predictivo.
- Para el desarrollo del diseño se utilizó el simulador de solidworks con la herramienta fluidsim, en la cual se elaboró dos modelos del dispositivo identificando el modelo A que consta de un tamiz a diferentes escalas para retención de partículas de 300 a 500 micras y el modelo B que consta de un conducto con un micro imán al costado para retención de partículas metálicas. Concluyendo que el modelo B permite separar las partículas metálicas en las hondas magnéticas del micro imán.
- Una vez realizada la simulación se observa que el fluido conserva el flujo laminar permitiendo que las partículas se retengan en las hondas magnéticas, estos resultados son ratificados en el dispositivo microfluídico, evidenciando un desempeño óptimo para la separación de partículas metálicas, concluyendo que el sistema es eficiente para el estudio.

- El modelo propuesto que consta de una estructura a diferentes escalas dentro del mismo dispositivo, mismo que ha sido fabricado con una herramienta laser y que puede ser replicado en forma constante a través de la programación G que se incluye en este estudio.

Recomendaciones

- Para poder dar un uso permanente sin importar el grado de viscosidad de las muestras se recomienda crear un banco de pruebas en el que el dispositivo pueda mantener una temperatura de 30 a 50 grados centígrados para mejorar la fluidez de las muestras, se consideraría crear un sistema con termocupla usando resistencias la cual será configurada con un máximo de 10 grados centígrados de variación para estabilizar la temperatura, además que este banco de pruebas también facilitara el proceso de análisis al darnos estabilidad para la manipulación de los dispositivos y ayudándonos a precautelar la seguridad de quien realice las pruebas reduciendo el riesgo de exposición a líquidos industriales en este caso aceites.
- Otro punto en el que se recomienda mejorar es en los acabados superficiales de los conductos ya que facilitaría el paso de las muestras, posiblemente el migrar a un maquinado por fresado sería la mejor opción para garantizar un mejor terminado superficial que será de mejor calidad y tendrá mucha más eficiencia.

LITERATURA CITADA

Aguado, N. 2021. Predictiva-Tecnología y análisis de aceite para asegurar la eficiencia de lubricación. [En línea] 06 de 01 de 2021. [Citado el: 15 de 05 de 2022.] <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/>.

Albarracín, P. 2006. Tribología Lubricación Industrial y Automotri Tomo I. [En línea] 12 de 03 de 2006. [Citado el: 5 de 05 de 2022.] <https://predictiva21.com/analisis-aceite-eficiencia-lubricacion/>.

Altmann, C. 2017. El análisis de aceite como herramienta del Mantenimiento Proactivo en flotas de Maquinaria Pesada. [En línea] 2017. [Citado el: 23 de 05 de 2022.] <http://www.mantenimientomundial.com/notas/0607lubricacion.pdf>.

Berli, C. 2018. *Microfluídica: fundamentos y aplicaciones*. Santa Fe : Universidad Nacional del Litoral, 2018.

C.C.JENSEN. 2022. Equipo de campo digital easyship. [En línea] 2022. [Citado el: 25 de 05 de 2022.] <https://www.cjc.dk/es/productos/equipo-de-monitorizacion/equipo-de-campo-digital/>.

Cano, J. 2018. *Estudio De Un Dispositivo Basado En Microfluídica Para La Manipulación Y La Inspección De C. Elegans*. Valencia : Universidad Politécnica Valencia , 2018.

Fernandez, D. 2015. *Microfluidos: Nuevas Fronteras*. Cuba : Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas InSTEC. , 2015. Disponible: <http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2011/vol.28-No.1/RCF-28-1-2011-60.pdf>.

Flores, L. 2018. Lab On a Chip: Laboratorios que quepan en la palma de tu mano. [En línea] 21 de 09 de 2018. [Citado el: 15 de 05 de 2022.] <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/lab-chip-laboratorios-que-quepan-en-la-palma-de-tu-mano>.

García, J. 2009. Microfabricación con Laser. [En línea] 15 de 11 de 2009. [Citado el: 15 de 05 de 2022.] https://woody.us.es/ASIGN/SEA/MEMS3_PROC2_LASER.pdf.

Granizo, E. & Escudero, F. et al. 2018. *Análisis del efecto optoacústico por FEM*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. Disponible: <https://doi.org/10.1063/1.5050358>.

Guell, P. & Escudero, P. et al. 2021. Mechanochromic Detection for Soft Opto-Magnetic Actuators. [En línea] 2021. [Citado el: 25 de 05 de 2022.] <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsami.1c11710>.

Guille, L. 2007. *Procedimiento para el análisis de Muestras De Aceite Usado En La Agroindustria*. Guatemala : Universidad De San Carlos De Guatemala, 2007.

Gutiérrez, A. 2020. Diferencias entre el aceite sintético y el semi sintético. [En línea] Autolab , 15 de 12 de 2020. [Citado el: 12 de 05 de 2022.] [https://autolab.com.co/blog/aceite-sintetico-semi-](https://autolab.com.co/blog/aceite-sintetico-semi-sintetico/#:~:text=El%20aceite%20semi%20sint%C3%A9tico%20tiene%20mejor%20viscosidad%20a,presenta%20una%20menor%20degradaci%C3%B3n%20y%20sedimenta%20m%C3%A1s%20espacio..)

[sintetico/#:~:text=El%20aceite%20semi%20sint%C3%A9tico%20tiene%20mejor%20viscosidad%20a,presenta%20una%20menor%20degradaci%C3%B3n%20y%20sedimenta%20m%C3%A1s%20espacio..](https://autolab.com.co/blog/aceite-sintetico-semi-sintetico/#:~:text=El%20aceite%20semi%20sint%C3%A9tico%20tiene%20mejor%20viscosidad%20a,presenta%20una%20menor%20degradaci%C3%B3n%20y%20sedimenta%20m%C3%A1s%20espacio..)

Gutiérrez, J. 2019. *Diseño y desarrollo de una plataforma microfluídica de encapsulación para análisis genómico de células individuales*. España : Instituto de Biomedicina y Biotecnología de Cantabria, 2019. Disponible: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/17522/TFM%20GutierrezSolorzanoJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Hernandes, P. 2018. Análisis de aceite. [En línea] 31 de 07 de 2018. [Citado el: 22 de 05 de 2022.] <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2018/07/anlisis-de-aceite-todo-lo-que-usted-necesita-saber-sobre-el-tema>.

Hernández, L. & Díaz, D. et. al. 2018. *Benchmarking*. Guatemala : Universidad Mariano Gálvez de Guatemala , 2018.

INDOAM, G. 2010. *Estatuto universidad tecnológica indoamérica*. Ambato : s.n., 2010.

International Diabetes Federation, . 2022. *Mercado de Microfluidos: Crecimiento, Tendencias, Impacto de Covid-19 y PronósticoS (2022 - 2027)*. Disponible: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/microfluidics-market/buy-now> : MordorIntelligence , 2022.

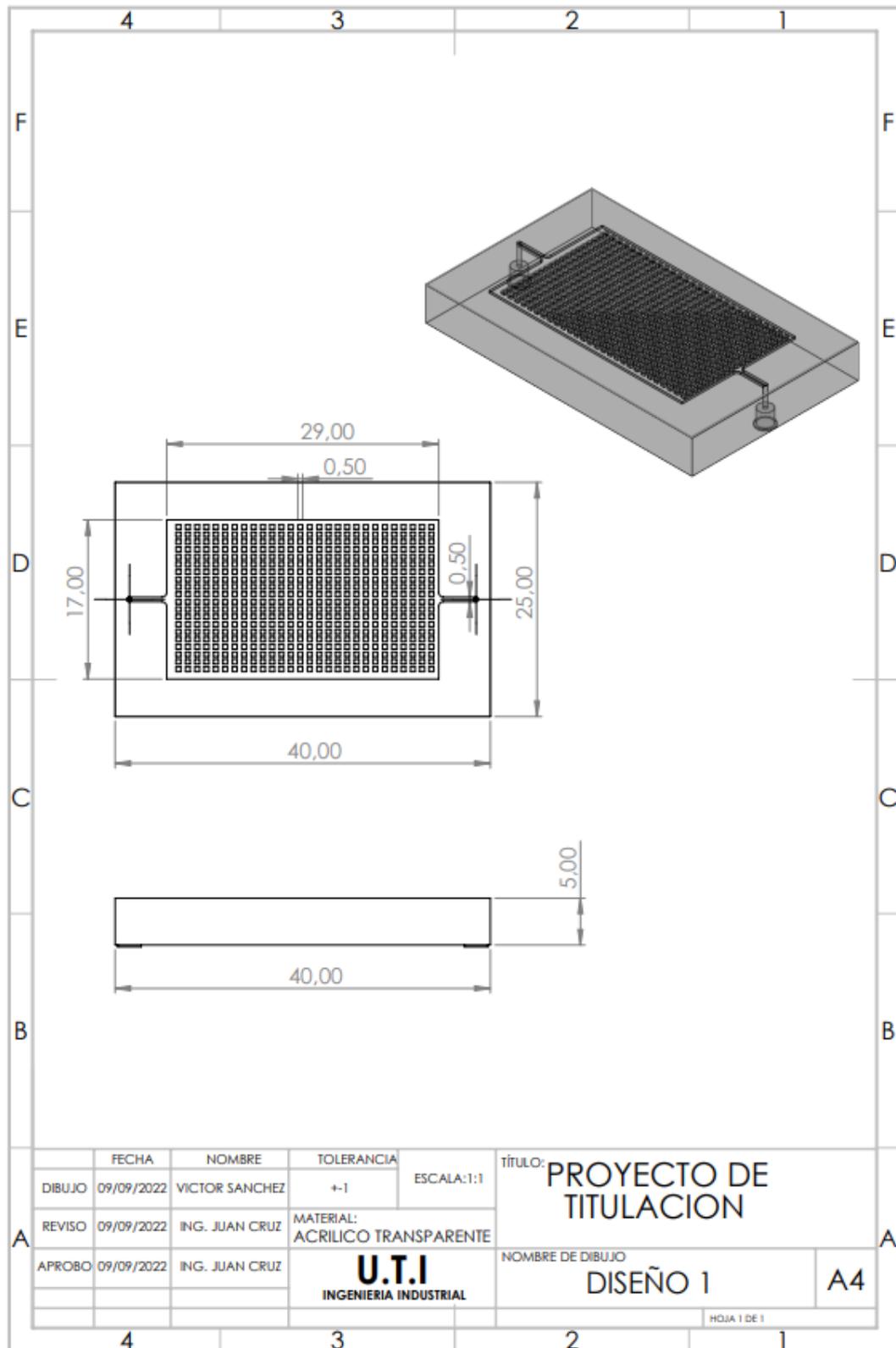
Jiménez, J. 2019. *QFD Es la evolución de la calidad*. Cartagena : Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, 2019.

Juárez, P. 2018. *Dispositivo microfluidico modular LAB-ON-A-CHIP*. Madrid : Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales , 2018.

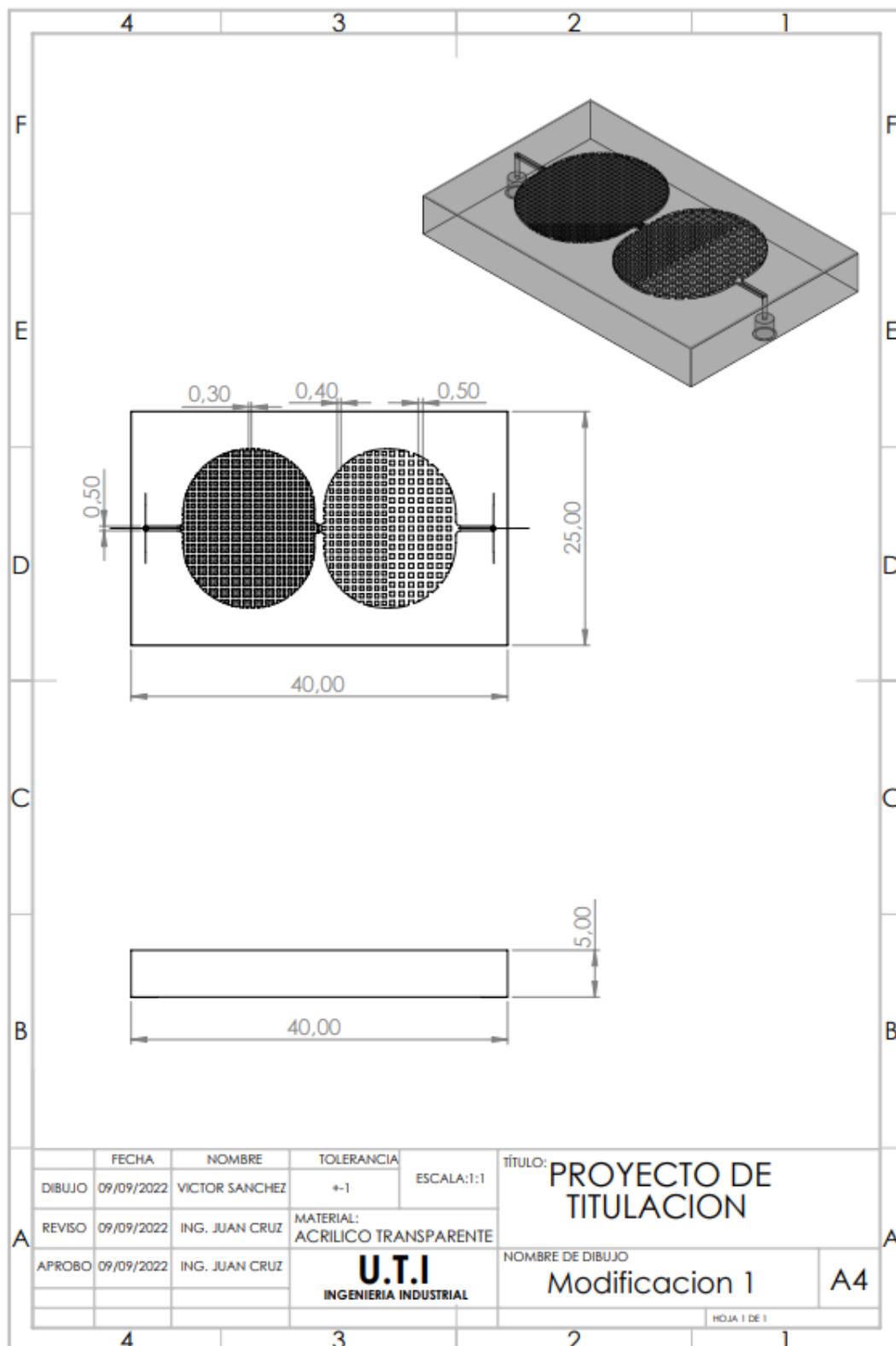
- Lapizco, B. 2008.** Aplicaciones De Microfluídica En Bioseparaciones. [En línea] 29 de 05 de 2008. [Citado el: 26 de 05 de 2022.] <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v7n3/v7n3a4.pdf>.
- Moreno, P. 2021.** Características de Aceites sintéticos, semi-sintéticos y minerales. [En línea] 04 de 11 de 2021. [Citado el: 25 de 05 de 2022.] <https://talleractual.com/tecnica/combustibles-y-lubricantes/11072-caracteristicas-de-aceites-sinteticos-semi-sinteticos-y-minerales>.
- Norma NTE INEN-ISO 28941-1. 2014.** *PLÁSTICOS. MATERIALES POLI (ÉTER DE FENILO) (PPE) PARA MOLDEO Y EXTRUSIÓN. PARTE 1: SISTEMA DE DESIGNACIÓN Y BASES PARA LAS ESPECIFICACIONES* . 2014.
- Pujol-Vila, F. & Escudero, P. & et al. 2021.** *Direct Color Observation of Light-Driven Molecular*. Barcelona-Spain : Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/action/downloadSupplement?doi=10.1002%2Fsmt.d.202101283&file=smt202101283-sup-0001-SupMat.pdf>, 2021.
- Revista Digital Ehealth. 2018.** *Un dispositivo microfluídico puede revolucionar los diagnósticos*. [Comscore] Madrid-España : Salud Digital, 2018.
- Reyes, A. 2015.** *Modelación y estudio experimental del flujo de slug en micro reactores capilares*. Cuba : Tesis de Diploma, In-STECC , 2015.
- Rubio, C. & Enfedaque, A. 2016.** Una tecnología mejora la eficacia de los dispositivos de análisis de microfluidos. [En línea] 02 de 05 de 2016. [Citado el: 22 de 05 de 2022.] <https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/una-tecnologia-innovadora-mejora-la-eficacia-de-los-dispositivos-de-analisis-de-microfluidos-1345667994339.html?noticiaid=1345702820392#:~:text=Los%20dispositivos%20microflu%C3%ADdicos%20est%C3%A1n%20>
- Ryungeun, C. & Ryungeun, S. & Lee, J. 2019.** *Fabricación de un sistema microfluídico modular impreso en 3D para generar y manipular gotas de emulsión complejas*. Alemania : Springer Nature, 2019.
- Trujillo, R. 2021.** [En línea] 24 de 03 de 2021. [Citado el: 25 de 05 de 2022.] <http://swissoil.com.ec/index.php/jconten/capacidad-operativa>.

Vega, E. 2020. ¿Qué es la tecnovigilancia? [En línea] 30 de 09 de 2020. [Citado el: 21 de 05 de 2022.] <https://www.atlantico.gov.co/index.php/preguntas-frecuentes-26506/14765-que-es-la-tecnovigilancia>.

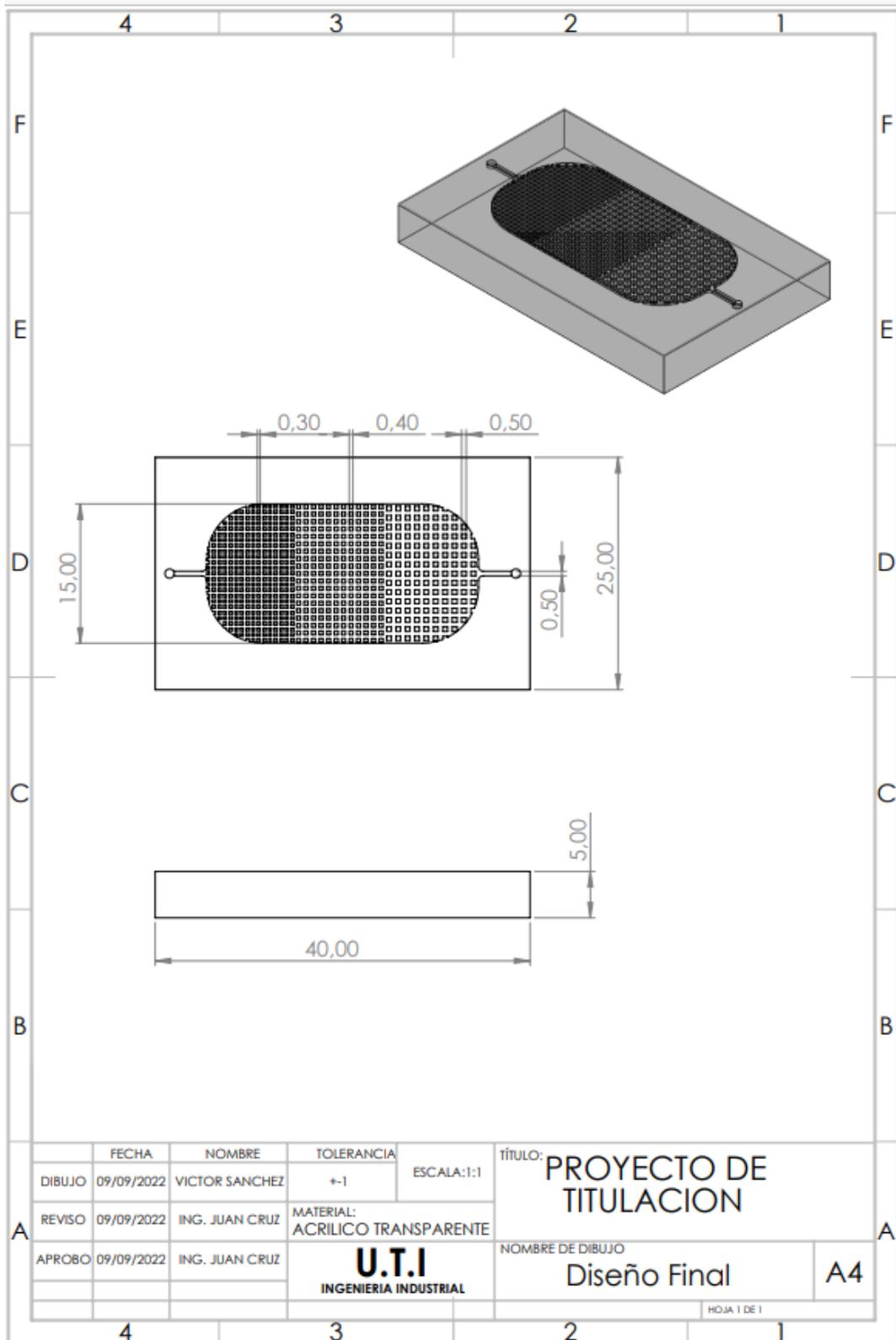
ANEXOS



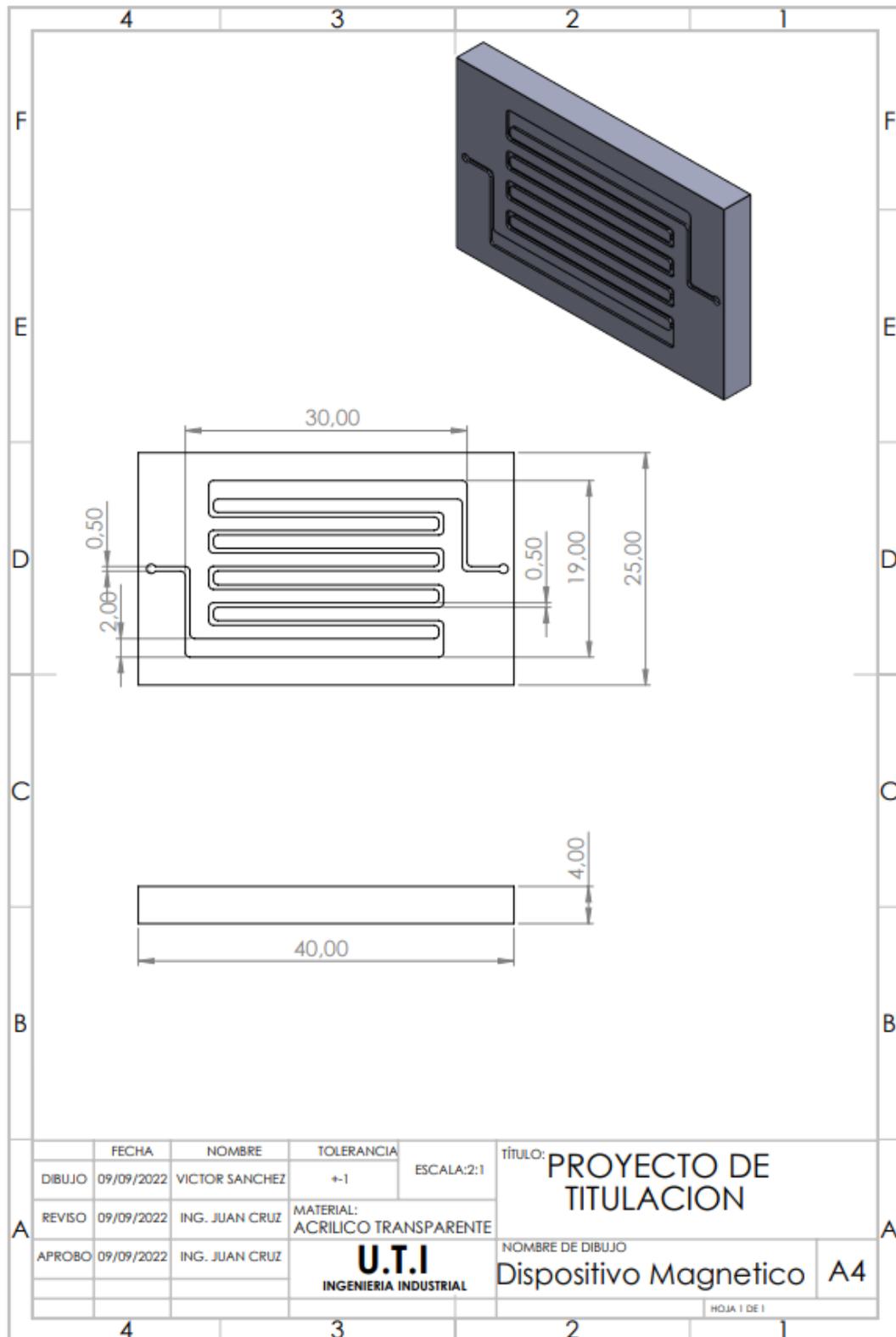
Anexo 1 Diseño 1



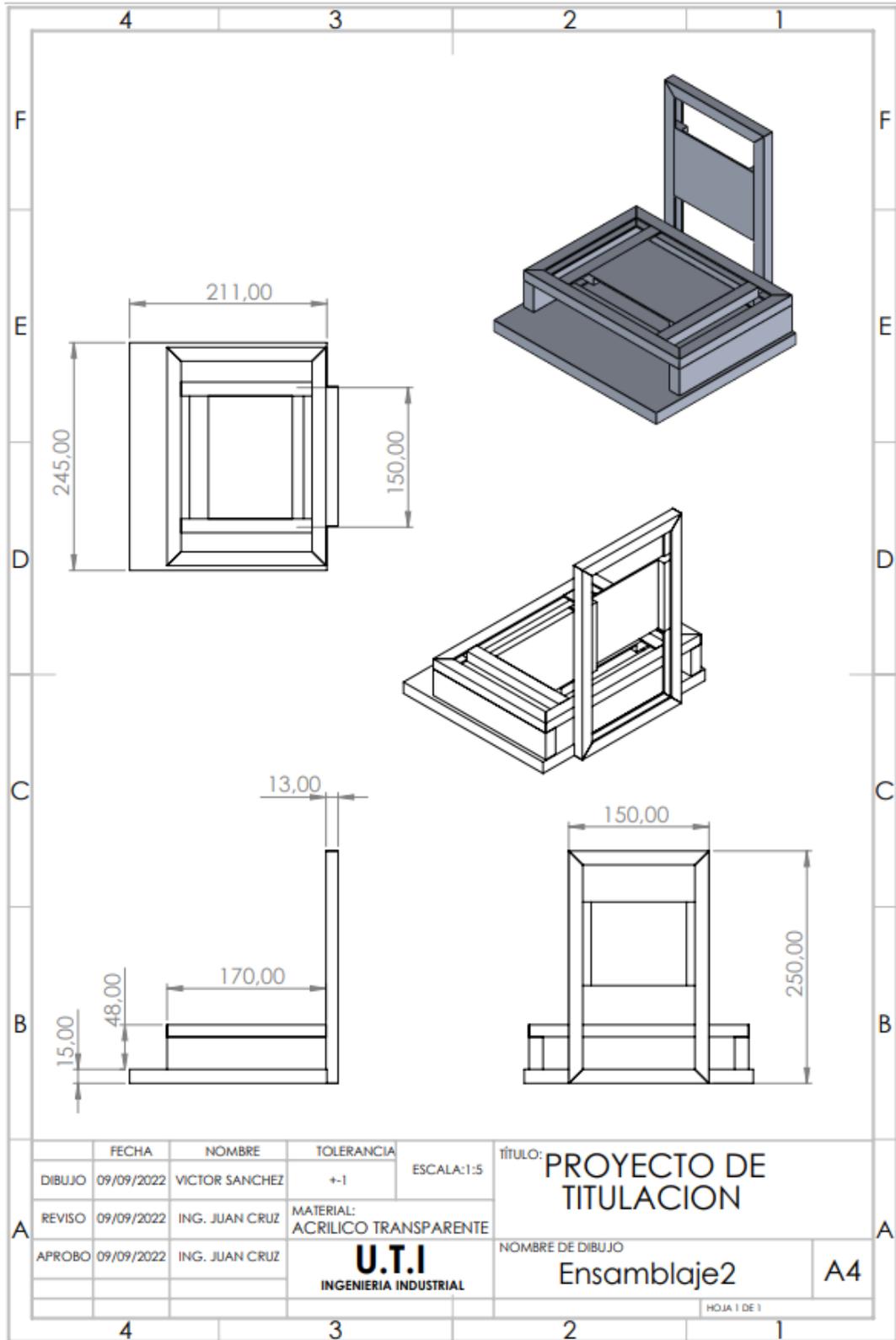
Anexo 2 Modificación 1



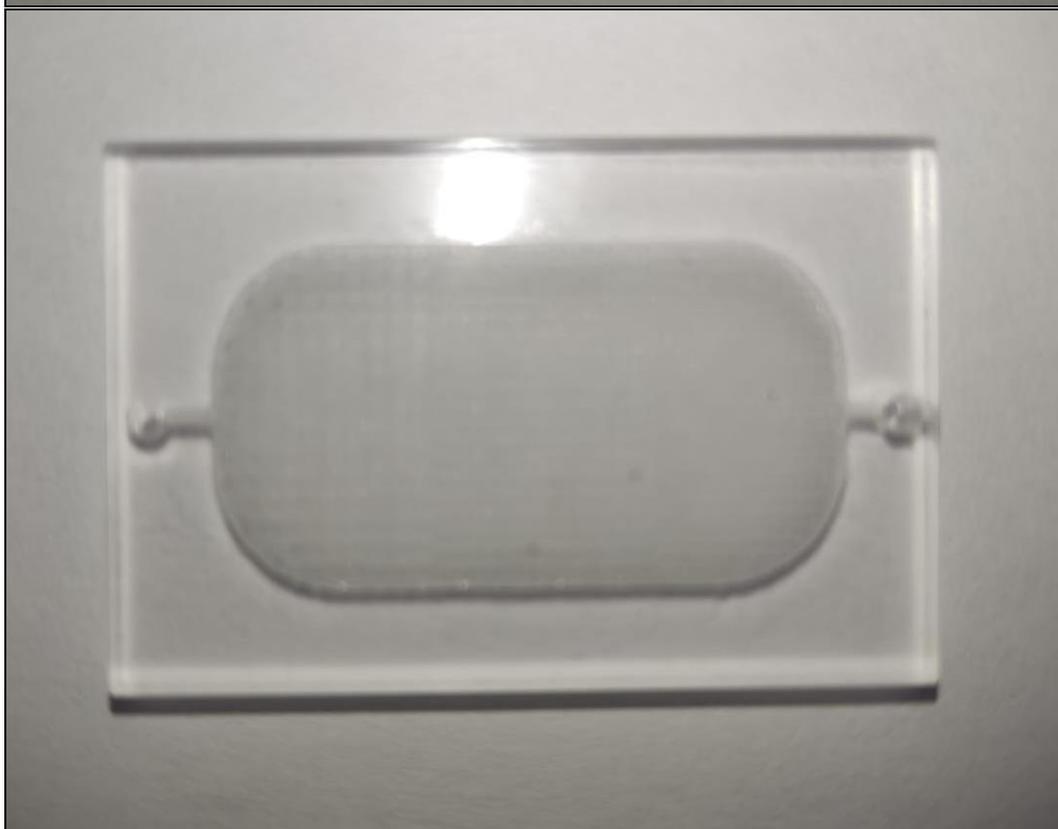
Anexo 3 Modificación 2 Diseño final



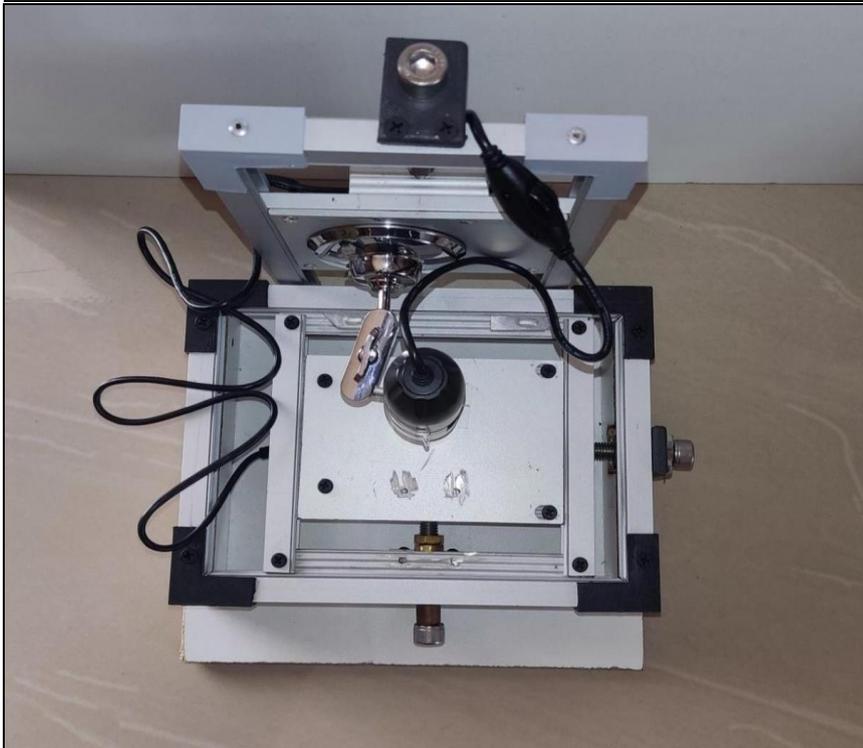
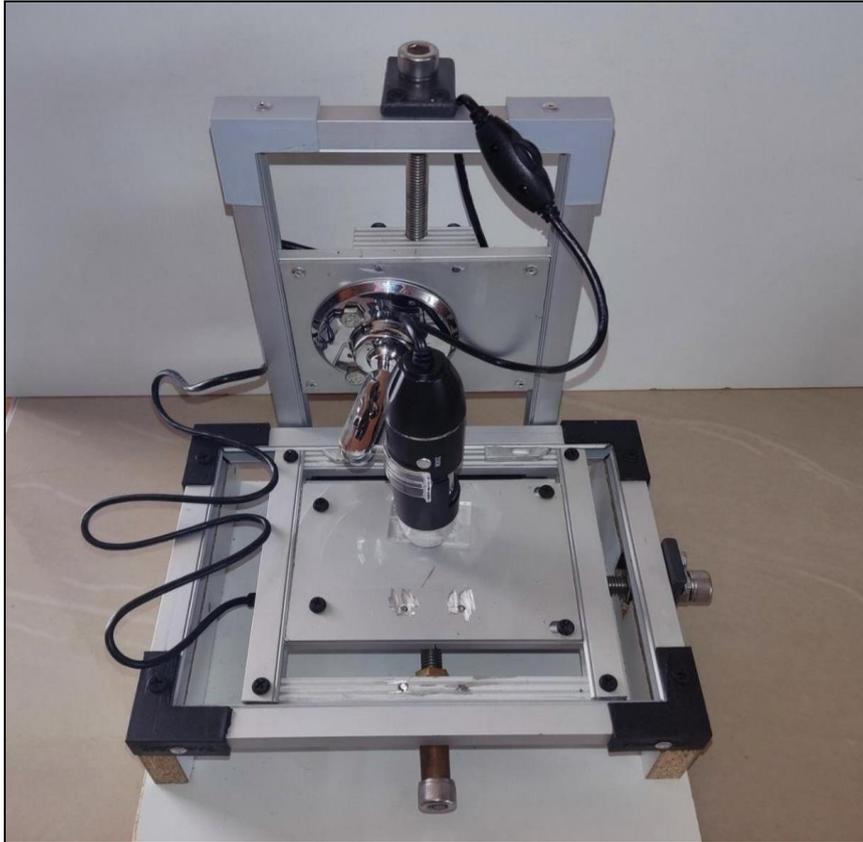
Anexo 4 Partículas metálicas



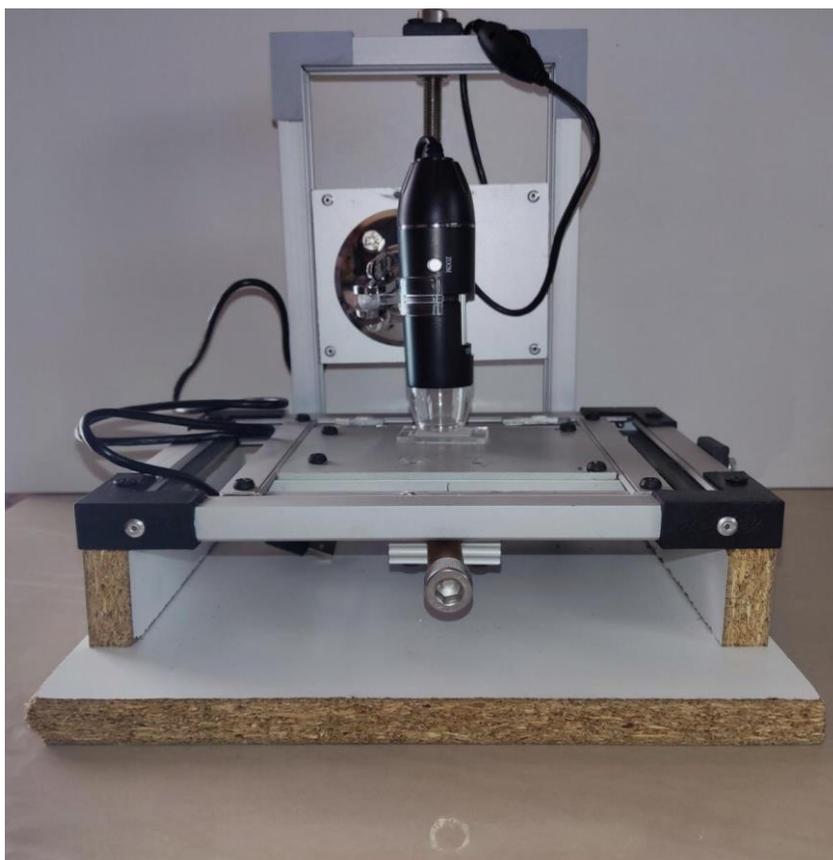
Anexo 5 Plano Ensamblaje



Anexo 6 Dispositivo de análisis de aceite hidráulico microfluídica



Anexo 8 Base para análisis de dispositivos



Anexo 9 Base para análisis de dispositivos



Anexo 10 Dispositivo de Análisis portátil

Ambato 14 de septiembre del 2022

Señora:

Ing. María Belén Rúaless Martínez

**DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

Presente.

De mi consideración:

Yo, Pedro Escudero, portador de la cédula de identidad número 0603612524, en mi calidad de Coordinador e investigador principal del Proyecto de Investigación Titulado “Sistemas de microfluídica como herramientas de caracterización”, emito esta carta de **conformidad del trabajo de titulación terminado** “Modelado por elementos finitos de un dispositivo microfluídico para aplicaciones en ciencias básicas en la Universidad Tecnológica Indoamérica” desarrolla por el señor **SANCHEZ PADILLA VICTOR HUGO** portador de la cédula de identidad número **0603805086**, en su calidad de estudiante de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**, bajo mi dirección como tutor individual.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO FERNANDO
ESCUDERO VILLA**

Ing. Pedro Escudero, PhD.

Docente – Investigador FITIC

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA