

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Convocatoria extraordinaria USAC frente al Covid 19
Área científico tecnológica

Informe final

**Diseño y fabricación de Cama con Aislamiento para Traslado de Pacientes con Problemas
Respiratorios**

**Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo
Andrea María Barrera Leiva
Christian Moisés de la Cruz Leal
Luis Pedro Mendizábal Fuentes
Luis Ariel Pérez Pérez**

Guatemala, Septiembre 2020

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica

Ing. MSc. Murphy Olympo Paiz Recinos
Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
Secretario General

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Inga. Liuba Cabrera de Villagran
Dra. Hilda Valencia de Abril
Dr. José Cal Montoya
Comisión de Coordinadores de Programa
Convocatoria USAC frente al Covid 19
Acuerdo de Dirección DIGI 14-2020

Inga. Anabela Córdoba Estrada
Decana
Facultad de Ingeniería

Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo
Andrea María Barrera Leiva
Christian Moisés de la Cruz Leal
Luis Pedro Mendizábal Fuentes
Luis Ariel Pérez Pérez

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta propuesta fue financiada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la convocatoria extraordinaria USAC frente al Covid19 y fue aprobada por el Consejo Superior Universitario en punto sexto, Inciso 6.1, Acta No. 20-2020 del 20 de mayo de 2020.

Financiamiento aprobado por Digi: Q40,000.00 Financiamiento ejecutado: Q38,494.93

Índice

Índice de contenido general

Índice de contenido general	i
Índice de figuras	i
Resumen	1
Palabras clave	1
Introducción	1
Planteamiento del problema a resolver	2
Delimitación en tiempo y espacio	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Materiales y métodos	4
Resultados esperados, productos	5
Análisis y discusión de resultados	5
Vinculación con otras unidades académicas o instituciones externas	10
Conclusiones	11
Referencias	12
Apéndice	13

Índice de figuras

Figura 1. Diseño en 3D de la estructura rígida	6
Figura 2. Diseño en 3D de la estructura plegada	7

Figura 3. Parte nro. 1 (tubería de $1/2$ " de diámetro)	7
Figura 4. Parte nro. 2 (tubería de $3/4$ " de diámetro)	8
Figura 5. Parte nro. 3 (tubería de 1" de diámetro)	8
Figura 6. Diseño en 3D la cápsula de contención para pacientes con Covid-19	9
Figura 7. Modelo EIM-1. Lona y plástico	13
Figura 8. Modelo EIM-1. Partes de la estructura de aluminio	14
Figura 9. Modelo EIM-1. Base de aluminio flexible	14
Figura 10. Modelo EIM-1. Filtros médicos	15
Figura 11. Modelo EIM-1. Cápsula terminada	15
Figura 12. Modelo EIM-2. Soporte de aluminio	16
Figura 13. Modelo EIM-2. Proceso de ensamble	16
Figura 14. Modelo EIM-2. Estructura de aluminio armada	17
Figura 15. Modelo EIM-2. Proceso de incorporación de la lona y el plástico	17
Figura 16. Modelo EIM-2. Cápsula terminada	18
Figura 17. Camilla 1. Base de aluminio y lona	18
Figura 18. Camilla 1. Lona en la base de aluminio	19
Figura 19. Camilla 2. Camilla plegada	19
Figura 20. Camilla 2. Camilla extendida	20
Figura 21. Calcomanías de las instituciones participantes	20
Figura 22. Modelo EIM-1 en ambulancia	21

Figura 23. Ingreso de modelo EIM-1 a ambulancia	21
Figura 24. Pruebas en modelo EIM-1	22
Figura 25. Simulación de traslado de paciente infectado en modelo EIM-1	22
Figura 26. Impresora 3D. Formlab	23

Diseño de cápsula de contención para el traslado de pacientes con Covid-19

1. Resumen

La pandemia del Covid-19 ha puesto en apuros a los principales sistemas de salud alrededor del mundo. A medida que ésta avanza, se hace más evidente la necesidad de contar con equipo que sea de alta protección para el personal sanitario. En Guatemala, las camillas para trasladar pacientes con Covid-19 son pocas, y en su mayoría, incómodas de manejar. Es así como surge la necesidad de diseñar una cápsula de contención para el transporte de pacientes con Covid-19. Se diseñaron modelos de cápsulas y dos camillas, todas plegables, ligeras y fácil de transportar, con materiales que son de fácil acceso en el mercado y de bajo costo. El equipo de investigación diseñó las cápsulas y las camillas con la ayuda de diferentes softwares de Diseño Asistido por Computadora en 2D y 3D. Asimismo, fueron escogidos los materiales en función de las características deseadas de ambas, la cápsulas y camillas. El resultado son diseños que reducen significativamente el riesgo de contagio para el personal sanitario en Guatemala, y que además servirán como modelos de fácil construcción y de bajo costo para otros países en Latinoamérica y alrededor del mundo.

2. Palabras clave

Equipo de protección para personal sanitario, Equipo de traslado, Camilla, Móvil, Plegable.

3. Introducción

Desde el inicio de la pandemia del Covid-19 se ha visto a trabajadores de salud alrededor del mundo ser víctimas, en muchos casos mortales, de esta peligrosa enfermedad. Como bien sabemos, el Covid-19 tiene una alta transmisibilidad. La transmisión se produce principalmente por el contacto con las secreciones respiratorias de una persona enferma a través de gotas de saliva expulsadas con la tos o el estornudo. Estas secreciones pueden infectar a otra persona si entran en contacto con su nariz, ojos o boca, ya sea directamente o a través de las manos (De Tomás, 2020, p. 17).

En medio de la pandemia, es fundamental aplicar las medidas de prevención y contención para evitar que el impacto del Covid-19 sea devastador. Además, proteger al personal sanitario es

una prioridad, pues son ellos quienes se encuentran en primera línea trabajando con pacientes infectados con Covid-19. Si no se incrementan los esfuerzos por proteger a este personal, los resultados podrían ser nefastos: sistemas sanitarios colapsados con personal sanitario infectado y abatido por la falta de protección personal.

El transporte del paciente en estado crítico en tiempos de COVID 19 representa un desafío, especialmente en un entorno de recursos limitados (Yock-Corrales et al., 2020, p. 108). Surge así la necesidad de crear una cápsula de fácil manejo para el traslado de pacientes con Covid-19. La Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos diseñó dos cápsulas y dos camillas fáciles de transportar, siendo éstas ligeras y plegables. Además, las cápsulas de contención para pacientes con Covid-19 así como las camillas son resistentes a la corrosión, lo que los hace ideales para poder enfrentar todo tipo de condiciones atmosféricas. Cabe mencionar que las cápsulas de contención y las camillas son fáciles de construir y económicas, lo que permite su producción en masa para abastecer a todo el personal de salud.

En el presente informe se explica el diseño, selección de materiales y métodos empleados para construir las dos cápsulas de contención y las dos camillas que cumplen con todas las características expuestas anteriormente.

4. Planteamiento del problema a resolver

El día 13 de marzo de 2020 se registró oficialmente en Guatemala, la primera persona contagiada con el virus causante del Covid-19. En el marco de esta pandemia provocada por tal enfermedad, y considerando la alta tasa de contagio que presenta; distintas instituciones del Estado de Guatemala iniciaron la aplicación de protocolos sanitarios de prevención y contención, para evitar la rápida propagación del virus.

La propagación ocurre cuando “personas infectadas por medio de las secreciones bucales y nasales: la saliva, las secreciones respiratorias o las gotículas de secreciones que se expulsan por la boca o la nariz cuando una persona infectada tose, estornuda, habla o canta” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). Con esto, se plantea la necesidad de dotar a todo el personal de salud involucrado en el traslado y manejo de pacientes contagiados, de equipo de protección

personal (EPP) que pueda mantener a salvo y fuera de contagio a las personas encargadas de estas actividades.

El problema se centra en el contagio en ambientes cerrados durante el traslado de pacientes, por medios de transporte terrestre como ambulancias. Debido a la exposición del personal de bomberos, enfermería o paramédicos que se encargan de esta actividad se plantea lo siguiente: ¿cómo hacer más efectivo el aislamiento de pacientes con la enfermedad de la COVID-19 en espacios cerrados como ambulancias o vehículos con personal de salud a cargo? Bajo estrictas medidas de seguridad, que permitan al personal de salud encargado del traslado, realizar distintas actividades de primeros auxilios como medidas de prevención y permitiendo mayor flexibilidad de trabajo; sin que esto represente un riesgo de contagio para el contagio de estas personas.

“While there are several recommendations for protective measures during inhospital emergency procedures and tracheal intubation, there is insufficient guidance regarding the prehospital setting” [Si bien existen varias recomendaciones para las medidas de protección durante los procedimientos de emergencia intrahospitalarios y la intubación traqueal, no hay orientación suficiente con respecto al entorno prehospitalario.] (Liew et al., 2020). Garantizar mayores condiciones de seguridad en equipo de protección para el traslado de pacientes, requiere el diseño de dispositivos de aislamiento unitario, que permitan el transporte seguro de las personas involucradas.

5. Delimitación en tiempo y espacio

Se planeó realizar el diseño de las cápsulas de contención para pacientes con Covid-19 y las dos camillas en un período de 2 meses. El mismo inició el 27 de julio del año 2020, y culminó el 27 de septiembre del mismo año. La etapa de diseño del proyecto fue realizada de forma virtual. La etapa de fabricación fue realizada dentro de las instalaciones de la Unidad de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala y en instalaciones de las Empresas de Metalmecánica Dieguez y Fabrind, en la zona 7 de ciudad de Guatemala y zona 5 de Mixco; por el coordinador de la propuesta y los colaboradores del equipo de trabajo. Esto por las limitaciones del número de personas en reunión, movilidad, seguridad debido al Covid-19, tiempo corto de 6 semanas para ejecutar el proyecto y otras razones de logística.

6. Objetivo general

Diseñar una cápsula de contención para el traslado de pacientes con Covid-19.

7. Objetivos específicos

- Definir el método a emplear en el diseño de dos cápsulas de contención para el traslado de pacientes con Covid-19, incluyendo la definición del método de diseño de dos camillas.
- Seleccionar los materiales ideales para el diseño de dos cápsulas de contención para el traslado de pacientes con Covid-19 en función de las características deseadas de la cápsula, así como de dos camillas transportadoras.
- Realizar dos diseños de modelos de cápsulas de contención para el traslado de pacientes con Covid-19 mediante el uso de softwares de Diseño Asistido por Computadora en 2D y 3D y de dos camillas transportadoras.
- Fabricar dos modelos físicos de cápsulas de contención para el traslado de pacientes con Covid-19 y dos camillas transportadoras en base al método definido, los materiales seleccionados, y al diseño para cada modelo en 2D y en 3D.

8. Materiales y métodos

La metodología para diseñar las cápsulas de contención y las camillas transportadoras de pacientes fue la selección de materiales en función de sus propiedades mecánicas, accesibilidad y costo en el mercado, seguido del diseño de las estructuras internas y externas utilizando softwares de Diseño Asistido por Computadora en 2D y 3D (Cifuentes et al., 2020).

El material seleccionado para la construcción de las cápsulas y las camillas fue el aluminio. El aluminio es el elemento metálico que más abunda en la corteza terrestre, lo que lo hace de fácil acceso. La breve historia del aluminio se inició con el concepto de que se trataba de un metal precioso; sin embargo, el desarrollo de métodos eficientes de purificación bajó su precio, y actualmente es considerado uno de los metales más baratos y comunes, con una alta aplicación industrial (Chavarría, 2012, p. 256). Su importancia se deja sentir en prácticamente todos los aspectos de la economía mundial, pero con unas aplicaciones primordiales en los transportes, la construcción, electricidad, contenedores, bienes de consumo no perecederos y maquinaria (DeGarmo, Black, & Kohser, 2002, p. 123). El aluminio es además ligero, tiene una

gran resistencia a la corrosión, y es suficientemente fuerte para soportar a una persona, siendo así el material ideal para la construcción de las cápsulas de contención y las camillas de transporte.

Para aislar al paciente tanto como sea posible, las estructuras rígidas de aluminio de las cápsulas de contención están cubiertas con plástico de polietileno transparente de calibre 40. El plástico polietileno es un plástico común que tiene muchas aplicaciones, siendo fácil de encontrar y de bajo costo. Este material se emplea generalmente en contenedores, como aislante eléctrico en la fabricación de material químico, para el empaquetamiento en general, en la fabricación de artículos para el hogar y de botellas moldeadas por insuflación de aire (Yol, 2009, p. 18).

El polietileno es, con diferencia, el material plástico más utilizado. Las razones principales por las que ocupa esta primera posición son su bajo costo y sus importantes propiedades de uso técnico, entre las que se incluye la tenacidad a temperatura ambiente y a bajas temperaturas, con suficiente resistencia para aplicaciones de muchos productos, una buena flexibilidad dentro de un amplio rango de temperaturas, incluso por debajo de -73°C , excelente resistencia a la corrosión y muy buenas propiedades aislantes y además es inodoro, sin sabor y baja transmisión agua-vapor (Yol, 2009, p. 18).

Para filtrar el aire que entra y sale de las cápsulas, se utiliza un elemento simple que existe en todos los mercados del mundo, un filtro de aire celular para filtrar partículas diminutas combinado en paralelo con un filtro de carbón activado para reducir el olor. El olor y la adecuada ventilación son importantes para que el paciente y el personal sanitario se sientan cómodos. Estos filtros son fáciles de encontrar al ser utilizados en la industria médica y automotriz.

9. Resultados esperados, productos

El presente proyecto del área científico tecnológica que responde a la convocatoria extraordinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala frente al Covid-19 busca dar con el diseño y fabricación de una cápsula de contención para pacientes con Covid-19. Para ello se espera fabricar dos modelos diferentes de las cápsulas de contención, así como dos camillas. Éstas deberán constituir una excelente herramienta de transporte para reducir significativamente el riesgo de contagio de Covid-19 en los trabajadores de salud. Se espera que las propiedades mecánica y químicas de los materiales hagan que las cápsulas y camillas diseñadas sean resistentes a la corrosión, rígidas y ligeras para el personal que las utilice. De la misma manera,

las cápsulas de contención y las camillas transportadoras de pacientes deberán constituir un elemento de fácil almacenaje, armado y transporte, permitiendo su uso en lugares de difícil acceso. Finalmente, debido al fácil acceso y bajo costo de los materiales, se espera que se pueda facilitar el diseño y producción en masa de las cápsulas de contención y de las camillas de transporte de pacientes.

10. Análisis y discusión de resultados

El equipo de la Unidad de Investigación diseñó dos cápsulas de contención para pacientes con Covid-19, las cápsulas EIM-1 y EIM-2, así como dos camillas, la Camilla 1 y la Camilla 2. A continuación se analizan y discuten los resultados de la cápsula EIM-2. Se diseñó una cápsula contenedora utilizando tubos de aluminio de diferentes diámetros que se deslizarán entre sí. (Cifuentes et al., 2020). El diseño es plegable y fácil de armar. El diseño en 3D de la estructura se muestra en la figura 1.

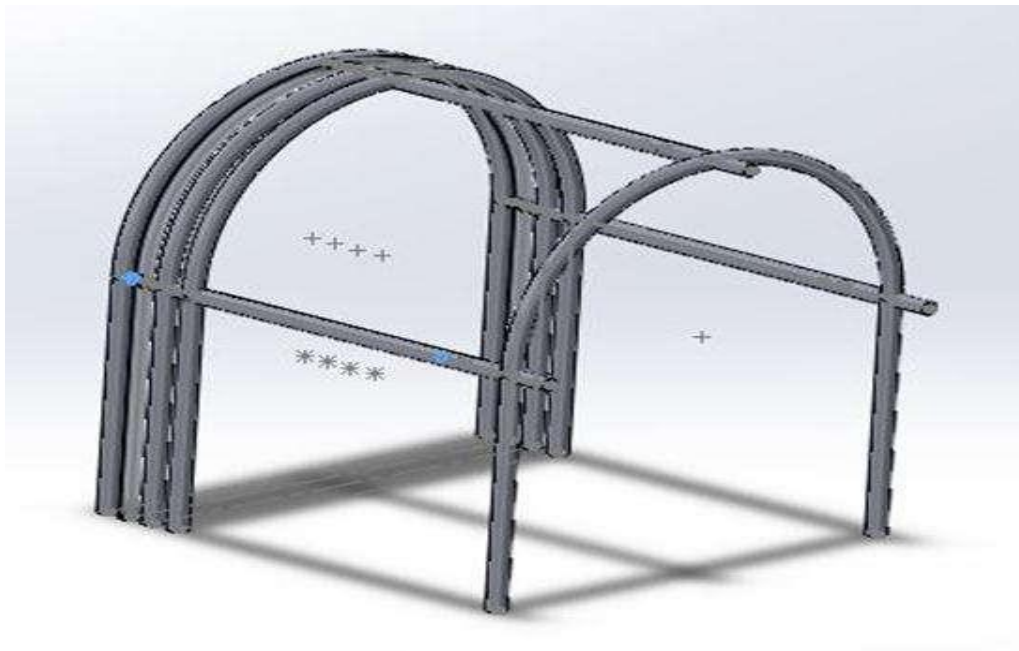


Figura 1. Diseño en 3D de la estructura rígida.

En la figura 2 se muestra la estructura plegada, que se contrae en gran manera reduciendo sus dimensiones considerablemente.



Figura 2. Diseño en 3D de la estructura plegada.

La estructura de aluminio se puede separar en 3 partes según el diámetro de las tuberías. Las partes nro. 1, 2 y 3 se muestran en las figuras 3, 4 y 5 respectivamente.

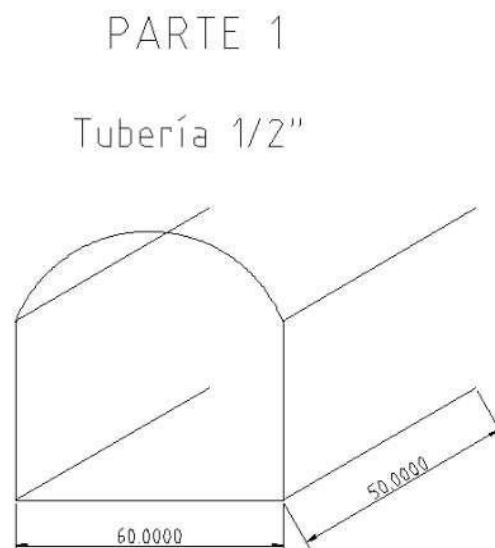


Figura 3. Parte nro. 1 (tubería de 1/2" de diámetro) en la que puede ser dividida de la estructura según el diámetro de sus tuberías.

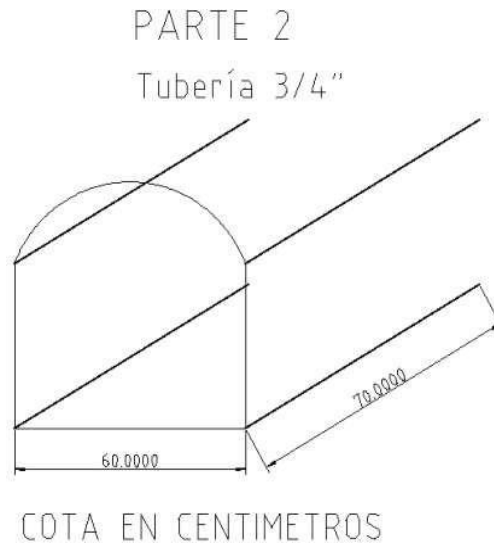


Figura 4. Parte nro. 2 (tubería de $3/4$ " de diámetro) en la que puede ser dividida de la estructura según el diámetro de sus tuberías.

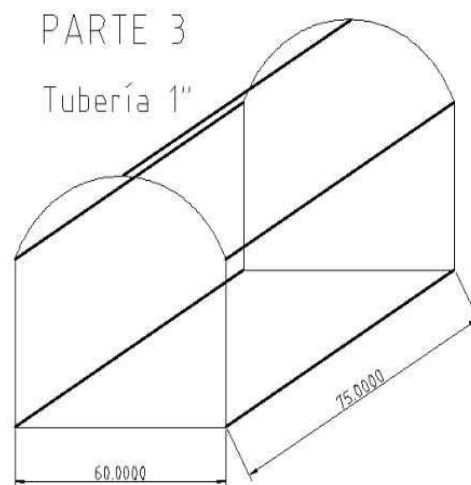


Figura 5. Parte nro. 3 (tubería de 1" de diámetro) en la que puede ser dividida de la estructura según el diámetro de sus tuberías.

Finalmente, la figura 4 muestra el diseño final de la cápsula contenedora ya con el plástico polietileno transparente de calibre 40 incorporado, la camilla comercial acoplada y sus respectivas correas en los lados para sujetar y soltar fácilmente. La estructura posee también dos entradas con guantes incorporados para que el personal de salud pueda manipular a los pacientes sin tener contacto directo con ellos. Este diseño muestra las calcomanías con los logos de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica, la Dirección General de Investigación, y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

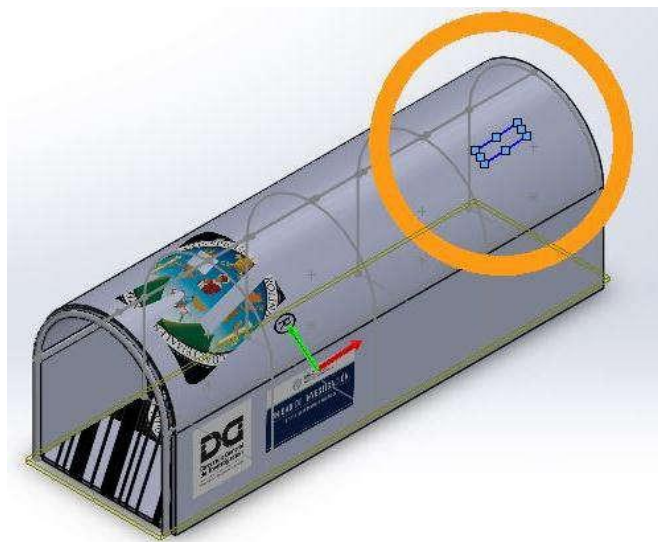


Figura 6. Diseño en 3D la cápsula de contención para pacientes con Covid-19.

Proceso de inspección y validación de las cápsulas de contención EIM-1 y EIM-2

Para el proceso de inspección y validación de las cápsulas de contención EIM-1 y EIM 2 se recibió la visita del ingeniero Jorge Balsells de Fab Lab y de una ambulancia con paramédicos de la USAC. Durante la visita, se realizó lo siguiente:

- Se probó el tamaño, peso y flexibilidad de la cápsula modelo EIM-1
- Se ingresó la cápsula EIM-1 a la ambulancia, y se ingresó a una persona a la cápsula que simulaba ser un paciente.
- Se revisó la cápsula armada modelo EIM-2.

Las siguientes son las observaciones y comentarios de los paramédicos y del ingeniero Jorge Balsells de Fab Lab:

- La cápsula contenedora EIM-1 está completa y funciona adecuadamente. Se recomendó hacer más flexibles los dos soportes de en medio para que sea más fácil el ingreso de pacientes, ya sea consientes o inconscientes. Los soportes que permiten la flexibilidad fueron colocados, permitiendo el ingreso de pacientes por uno de los lados.
- Para la cápsula contenedora EIM-2 se recomendó cortar o hacer desmontables las puntas de la camilla, pues tiene más de 1.90 que es el estándar para Guatemala. Esto fue corregido.
- Los paramédicos observaron y consideraron los dos modelos de cápsulas contenedoras, EIM-1 y EIM-2, listos para usarse. Destacaron la ventaja de ser desarmables y transportables.
- También destacaron el hecho de que las cápsulas contenedoras EIM-1 y EIM-2 son herméticas, livianas, flexibles y fuertes.
- Los paramédicos consideraron que las cápsulas contenedoras pueden ser utilizadas para transportar pacientes con Covid-19, SARS, además de otros problemas respiratorios, quemaduras, entre otros.
- Se recomendó hacer entradas de oxígeno en ambos modelos, EIM-1 y EIM-2. Las mismas modificaciones ya fueron realizadas.
- Se recomendó para futuros modelos de cápsulas de contención que sean fabricados que estos tengan de ser posible un ventilador. El diseño original tenía dos ventiladores y batería, pero por ser del renglón presupuestario 3 o 300, no era factible en esta convocatoria corta para ejecutar en dos meses. De ser incluidos los ventiladores y la batería, el costo se elevaría en Q1500.00 para cada cápsula de contención.

11. Vinculación con otras unidades académicas o instituciones externas a la USAC

Desde el inicio del proyecto se estuvo en comunicación directa con el Ingeniero Jorge Balsells del Fab Lab y de la Dirección General de Investigación que también es miembro de un Cuerpo de Bomberos, él nos indicó que los otros diseños como el del Centro Universitario de Occidente, no son viables para transporte en una ambulancia, ni para tenerlos en una clínica o

estación de bomberos. Son equipos muy grandes, no son flexibles ni desarmables. Los diseños y modelos fabricados de 2 cápsulas contenedoras y 2 camillas por la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica sí son livianos en peso, desarmables, transportables y cumplen estándares de calidad de ingeniería y biomédicos.

Se efectuó un proceso de inspección, prueba y validación por parte del grupo de paramédicos y ambulancia de la Universidad de San Carlos, Campus central, durante el cual se concluyó que los tamaños están bien y el peso. Como recomendación y solicitud de los paramédicos durante la inspección y validación se procedió a hacer modificaciones en ambos modelos EIM-1 y EIM-2 para una entrada de oxígeno externo, y que la capsula se abra de un lado, con lo que el paciente en estado consciente o inconsciente pueda ingresar a la capsula. Estos arreglos y modificaciones ya se realizaron.

Se tienen las 2 capsulas con camillas en el edificio T7, oficina 302, de la Facultad de Ingeniería, sede de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica. También se tuvo comunicación con el señor Rector de la USAC, para el proceso de entrega por medio de las autoridades de la DIGI y USAC a los bomberos de la USAC de la cápsula contenedora EIM-1 y de la EIM-2 a un cuerpo de bomberos externo.

También se trabajó en el suministro de materiales, procesos de manufactura, servicios, con la empresa de metal mecánica Tono servicio Dieguez para la cápsula contenedora modelo EIM-2 y con Fabrind para el modelo EIM-1. Esto da un valor industrial y empresarial por lo que las cápsulas se pueden fabricar en serie.

Se publicó un artículo con detalles generales sin incluir diseños o datos con posibilidad de protección intelectual, de la cápsula modelo EIM-2 en la revista Research in Medical & Engineering Sciences. Se está trabajando en la elaboración de un artículo para la revista de la DIGI.

12. Conclusiones

Las cápsulas de contención diseñadas y fabricadas para pacientes con Covid-19 constituyen una excelente herramienta de transporte para reducir significativamente el riesgo de contagio de Covid-19 en los trabajadores de salud. Debido a las propiedades mecánicas y químicas de los materiales, las cápsulas diseñadas son ligeras, resistentes a la corrosión y rígidas.

Los materiales seleccionados son de alta disponibilidad y de bajo costo en el mercado, facilitando el diseño y producción en masa de las cápsulas de contención. Además, gracias al diseño plegable que utilizan las estructuras de aluminio, las cápsulas de contención son fáciles de transportar a diferentes lugares de difícil acceso, siendo no solo fáciles de movilizar, sino de armar y almacenar. Las camillas fabricadas presentan las mismas características.

En el proceso de fabricación, inspección y validación también se determinó que los 2 modelos de cápsulas de contención EIM-1 y EIM-2 pueden ser utilizados para transporte de pacientes con Covid-19, SARS, además de otros problemas respiratorios, personas con quemaduras de primero, segundo y tercer grado, entre otros.

Los 2 modelos constituyen diseños que son innovadores tecnológicamente por lo que pueden ser sujetos de patente y propiedad intelectual, industrial.

13. Referencias

- Chavarría, F. H. (2012). Aluminio: Una opción de bajo costo para grabado. *El Artista*, (9), 256-266.
- Cifuentes J. I., Cabrera, L., Aguilar, F., Mendizábal, L., Pérez, L., De la Cruz, C., & Barrera, A. M. (2020). Design of Containment Capsule for Covid-19 Patients Transport [Diseño de cápsula de contención para el traslado de pacientes con Covid-19]. *Res Med Eng Sci*. 9(1). RMES.000701. 2020. DOI:10.31031/RMES.2020.09.000701
- De Tomás, J. F. A. (2020). *Coronavirus covid-19; patogenia, prevención y tratamiento*. Leioa, País Vasco: Salusplay.
- DeGarmo, E. P., Black, J.T., & Kohser, R. A. (2002). *Materiales y procesos de fabricación*. Barcelona, España: Editorial Reveré.
- Liew, M.F., Siow, W.T., Yau, Y.W., & See, K. C. (2020). Safe patient transport for COVID-19 [Transporte seguro para pacientes con COVID-19]. *Critical Care*, 24(94) DOI:10.1186/s13054-020-2828-4.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). ¿Cómo se transmite el coronavirus que causa COVID-19? Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2020/07/1477231>.

Yock-Corrales, A., Rodríguez, N. C., Pavlicich, S. V., Gómez, M. M., Arregui, L. A. V., Curto, D. A., ... Curiel, C. M. (2020). Consenso de recomendaciones para el traslado interhospitalario de pacientes sospechosos/confirmados con COVID-19: Grupo de trabajo de Transporte De La Sociedad Latinoamericana de Emergencias Pediátricas (SLEPE). *Pediatría (Asunción)*, 47(2), 108-118. DOI: 10.31698/ped.47022020013.

Yol, L. O. (2009). *Propuesta para desarrollar un sistema de control total de calidad, fundamentado en las normas internacionales SPI y GPI, para una industria de envases y tapaderas plásticas, producidas por el método de inyección* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.

14. Apéndice



Figura 7. Modelo EIM-1. Lona y plástico.



Figura 8. Modelo EIM-1. Partes de la estructura de aluminio.

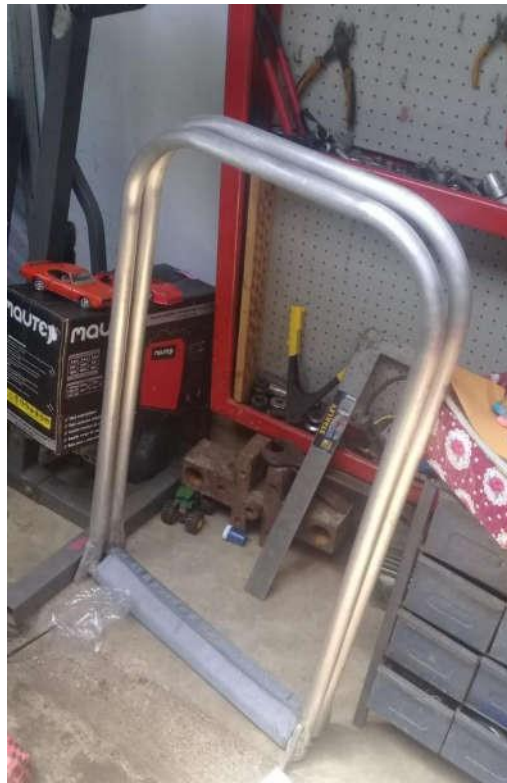


Figura 9. Modelo EIM-1. Base de aluminio flexible.



Figura 10. Modelo EIM-1. Filtros médicos.



Figura 11. Modelo EIM-1. Cápsula terminada.



Figura 12. Modelo EIM-2. Soporte de aluminio.



Figura 13. Modelo EIM-2. Proceso de ensamble.



Figura 14. Modelo EIM-2. Estructura de aluminio armada.



Figura 15. Modelo EIM-2. Proceso de incorporación de la lona y el plástico.



Figura 16. Modelo EIM-2. Cápsula terminada.



Figura 17. Camilla 1. Base de aluminio y lona.



Figura 18. Camilla 1. Lona en la base de aluminio.



Figura 19. Camilla 2. Camilla plegada.



Figura 20. Camilla 2. Camilla extendida.



Figura 21. Calcomanías de las instituciones participantes.



Figura 22. EIM-1 en ambulancia.



Figura 23. Ingreso de modelo EIM-1 a ambulancia.



Figura 24. Pruebas en modelo EIM-1.



Figura 25. Simulación de traslado de paciente infectado en modelo EIM-1.



Figura 26. Impresora 3D. FormLab de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

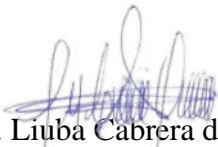
Guatemala 27 de septiembre de 2020



Jorge Ivan Cifuentes Castillo
Máster en Ciencias Ingeniero Mecánico,
Colegiado No. 2413

Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo

Nombre y firma Coordinador de la propuesta



Inga. Liuba Cabrera de Villagrán

VoBo. Nombre y firma Coordinadora de programa

Comisión convocatoria USAC frente al Covid 19



Vo.Bo. Dr. Félix Aguilar Carrera

Director General de Investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala