

Diseño conceptual de una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo

Conceptual design of a walker for stress testing

DOI: 10.46932/sfjdv3n5-017

Received in: August 23th, 2022

Accepted in: September 19th, 2022

César Chávez Olivares

Master of Science in Electrical Engineering

Institución: Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

Dirección: Carr. Huejutla, Chalahuiyapa, S/N, Col.Tepoxteco, 43000, Huejutla, Hgo

Correo electrónico: cesar.chavez@uthh.edu.mx

Efraín Zaleta Alejandre

Doctor in Advanced Technology

Institución: Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

Dirección: Carr. Huejutla, Chalahuiyapa, S/N, Col.Tepoxteco, 43000, Huejutla, Hgo

Correo electrónico: efrain.zaleta@uthh.edu.mx

Sergio Joaquín Rangel Revilla

Medical specialist in Clinical Cardiology and High Specialty in Echocardiography

Institución: Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

Dirección: Carr. Huejutla, Chalahuiyapa, S/N, Col.Tepoxteco, 43000, Huejutla, Hgo

Correo electrónico: dr.sergio.joaquin@gmail.com

Ozen Ahias Hernández Andrés

Mechanical Metal Engineering

Institución: Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

Dirección: Carr. Huejutla, Chalahuiyapa, S/N, Col.Tepoxteco, 43000, Huejutla, Hgo

Correo electrónico: 20170785@uthh.edu.mx

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados de una investigación llevada a cabo en el Centro Cardiológico de Alta Especialidad “Sagrado Corazón”, ubicado en Huejutla de Reyes, Hgo., la cual tuvo como objetivo obtener el diseño conceptual de una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo que permita utilizar el protocolo de Bruce, esto surge ante la necesidad que presenta el centro médico en mejorar la calidad asistencial para tener la mejor atención al mínimo costo posible debido a los altos costos de importación para la adquisición de equipo de tecnología médica. Las metodologías implementadas, corresponden al modelo Kano, metodología QFD, método Pugh, técnicas de innovación TRIZ, métodos numéricos y analíticos. Los resultados obtenidos son la identificación de los atributos funcionales del sistema, el modelado y simulación virtual en un programa de CAD. Se concluye que la metodología aplicada al diseño, permite transformar las necesidades del cliente a características técnicas y se verificó mediante el Método de Elementos Finitos (MEF) que los componentes soportarán las cargas y condiciones de operación que permitirán utilizar el protocolo de Bruce para una etapa posterior.

Palabras clave: diseño conceptual, tecnología médica, caminadora, pruebas de esfuerzo, protocolo de bruce.

ABSTRACT

This article presents the results of a research carried out in the Cardiological Center of High Specialty “Sagrado Corazón”, located in Huejutla de Reyes, Hgo., which aimed to obtain the conceptual design of a treadmill to perform stress tests that allow the use of the Bruce protocol, this arises before the need for the medical center to improve the quality of care to have the best care at the minimum possible cost due to the high import costs for the acquisition of medical technology equipment. The implemented methodologies correspond to the Kano model, QFD methodology, Pugh method, TRIZ innovation techniques, numerical and analytical methods. The results obtained are the identification of the functional attributes of the system, modeling and virtual simulation in a CAD program. It is concluded that the methodology applied to the design, allows transforming the customer's needs to technical characteristics and was verified by the Finite Element Method (FEM) that the components will support the loads and operating conditions that will allow using the Bruce protocol for a later stage.

Keywords: conceptual design, medical technology, walker, stress testing, bruce protocol.

1 INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, la salud y la gestión de tecnologías médicas ocupan un lugar relevante y una prioridad de actuación a escala mundial frente a este desafío creado por la pandemia global del coronavirus SARS-CoV 2 (COVID-19). Ante las emergencias sanitarias la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el organismo rector y coordinador en materia de salud de Naciones Unidas y también contribuye a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS de la Agenda 2030. La gestión de Tecnologías en salud permite asegurar la relación costo/efectividad, eficiencia, seguridad de la tecnología médica para cubrir los estándares de calidad el cuidado de los pacientes (Rivas y Vilcahuamán, 2017). Diferentes estudios coinciden en el impacto que representa en el sector salud en la mortalidad prematura, provocadas por las enfermedades no transmisibles debido a la falta de prevención y tratamiento, y por otro, el contexto en el proceso de gestión de insumos de equipo y tecnología médicas para la mejor atención al mínimo costo posible (Cruz, Presiga, Rodríguez, 2009). En investigaciones realizados por Ramon Sánchez (2021), refiere que a principios de enero del 2016 México confirmó sus obligaciones para cumplir los ODS cuando termine el año 2030 y se relacionan con las 169 metas de la Agenda 2030. Sánchez señala que para el 2030, México presenta la obligación para cumplir el ODS 3 que hace relación en garantizar una vida sana y el bienestar, el cual establece en reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención, tratamiento, promover la salud mental y el bienestar. Sánchez refiere que tan solo en diabetes, murieron 100,000 (17 %). Infarto agudo al miocardio, murieron 80,000 (14 %). Tumores malignos, murieron 80,000 (14 %). Enfermedades del hígado, murieron 24,000 (4 %). Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), murieron 21,000 (4 %). Neumonía, murieron 19,000 (3 %). Insuficiencia renal, murieron 13,300 (2 %). Enfermedad alcohólica

del hígado murieron 12,000 (2 %). Enfermedades cerebrovasculares murieron 9,000 (2 %). Enfermedad cardiaca hipertensiva. murieron 9,000 (2 %). (México OMS, 2015).

De esta manera, el contenido del presente documento analiza, por un lado, la situación actual que presenta el Centro Cardiológico de Alta Especialidad “Sagrado Corazón”, ubicado en Huejutla de Reyes, Hgo. ante la gran dependencia en la adquisición de equipos médicos importados. Cabe preguntarse entonces: ¿Qué solución se le dará al sector de la salud, ante los altos costos de adquisición del equipo de tecnología médica para responder a las necesidades de insumos y dispositivos médicos, atención hospitalaria, investigación y desarrollo médico que exige el nuevo coronavirus COVID-19 en la población en los países en vías de desarrollo? Estos hechos requieren la búsqueda de una solución, que permita a los centros cardiológicos disponer de tecnología médica, cuyo nivel de ingresos limita el poder adquisitivo. Es por esto que, el presente proyecto persigue el siguiente objetivo: Realizar el diseño conceptual de una caminadora para realizar Prueba de Esfuerzo que permita utilizar el protocolo de Bruce mediante la integración de metodologías de diseño, técnicas para el desarrollo de nuevos productos y herramientas CAD que logre coadyuvar en el proceso de nuevas adquisiciones de equipo médico para el Centro Cardiológico de Alta Especialidad “Sagrado Corazón.

2 MÉTODO

Una vez analizada y realizada la introducción, el enfoque que se presenta en esta investigación es cuantitativa con características de ser una investigación no experimental, correlacional, descriptiva y transversal, en la que través de la aplicación en la integración de varias metodologías que se utilizaron para poder definir el diseño conceptual, en donde una de las metodologías que se integra es la metodología que propone la Dra. Rosario Martínez y refiere en seguir una metodología que la designa como AQP (Adónde, Quienes, Qué y Problema) y CCA (Causas, Consecuencias y Aportes). También se utiliza la metodología que plantea Donald Norman (2000), diseño centrado en el usuario, en la que esta metodología considera la existencia de una comunicación entre el usuario/cliente y el diseñador para lograr resultados concretos ya que se adecua al contexto de la situación del diseño y para hacer más factible el proceso de desarrollo de nuevos productos se integraron técnicas como son el método Kano, QFD y el TRIZ, tal como lo público Téllez (1997). Para verificar que los elementos mecánicos soportarán las cargas y condiciones de operación se utilizó el Método de Elementos Finitos (MEF) y métodos analíticos para que el desarrollo del producto permitiera utilizar el protocolo de Bruce en una etapa posterior y proponer así la solución integral de la tecnología médica a utilizar en el sector de la salud que contemple los requerimientos funcionales del cliente.

3 DESARROLLO

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para poder comprender mejor el tema, las actividades para el desarrollo de este caso iniciaron con la identificación de las necesidades del cliente en la que se realizó una visita al Centro Cardiológico de Alta Especialidad “Sagrado Corazón”, ubicado en Huejutla de Reyes, Hgo., en la que se define una problemática que consiste en la preocupación por atender a los pacientes frente a este desafío creado por la pandemia global del coronavirus SARS-CoV 2 (COVID-19). En esta entidad prestadora de servicios de salud la prueba de esfuerzo constituyen uno de los servicios de salud fundamentales, dicha prueba es un examen importante utilizado como test funcional cardíaco en los programas técnicos de evaluación cardiopulmonar y cardiovascular, prueba que consiste, como es ampliamente conocido, en la realización de un esfuerzo físico continuo sobre un cicloergómetro, cinta rodante conocida también como caminadora, mientras se monitoriza el ECG, la respuesta de la presión arterial (PA) y la determinación de otros parámetros para valorar el pronóstico y diagnóstico preciso de una enfermedad cardíaca. Existen muchos protocolos para su desarrollo, pero el más conocido y utilizado es el de Bruce, que incluye etapas progresivas con incrementos de carga cada 3 minutos hasta la fatiga física, la información se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros del Protocolo de Bruce.

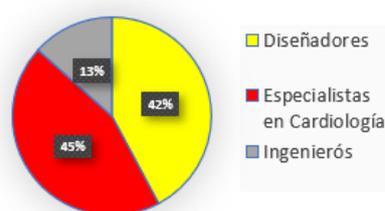
Etapas	Velocidad km/h	Inclinación %	Tiempo min
1	2.7	10	3 (3)
2	4.0	12	3 (6)
3	5.4	14	3 (9)
4	6.7	16	3 (12)
5	8.0	18	3 (15)
6	8.8	20	3 (18)
7	9.6	22	3 (21)

Ante este contexto, la piedra angular de esta entidad prestadora de servicios de salud consiste en el proceso de la gestión de tecnologías médicas que, debido a los altos costos de importación para la adquisición de caminadoras para realizar pruebas de esfuerzo, cuyo nivel de ingresos limita el poder adquisitivo hace que esto sea difícil de llevar a cabo. Estos hechos originan un desafío, a lo que la entidad solicitó la búsqueda de una solución, que permita disponer e incorporar al centro cardiológico tecnologías apropiadas que respondan a las necesidades de insumos y dispositivos médicos ya que como meta principal de la entidad es contribuir a mejorar la calidad asistencial en la práctica clínica para que de esta manera se garantice de la atención hospitalaria y cuidados médicos a los habitantes de la Huasteca Hidalguense.

3.2 SECCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este apartado se presenta una síntesis del desarrollo de la investigación, debido a que la información es demasiado extensa y como primera medida se determinó buscar el tamaño de la muestra n , la información presenta las siguientes características: $N=117$, $Z=1.960$, $p=50\%$, $q=50\%$, $e=5\%$. Dando como resultado un tamaño de muestras de 90 participantes y con este dato aplicar las encuestas del modelo Kano. Para obtener la información se utilizaron técnicas de inteligencia de campo, que se estableció en dos cuestionarios. El porcentaje de encuestados, información que se presenta en la figura 1, entre los que se tiene especialistas en cardiología, diseñadores e ingenieros. Se realizó un muestreo de conveniencia entre 90 participantes del sexo masculino y femenino, con una edad promedio de entre 20-45 años, de clase media-alta. El muestreo se realizó por internet permitiendo la aplicación de encuestas a distancia mediante Google Forms del 22 al 24 de febrero del 2021.

Figura 1. Porcentaje de encuestados.



3.3 SECCIÓN DEL MÉTODO KANO PARA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

La distribución de los requerimientos o atributos definidos para la caminadora, se generaron a base del análisis contextual, análisis tecnológico y un análisis del producto, como se puede apreciar en la primera columna de izquierda del cuadro 2, donde se consideran 11 requerimientos para realizar la propuesta del diseño conceptual de la caminadora que servirán como datos de entrada para obtener la voz del cliente a través de un cuestionario que será analizado en sección del modelo Kano. El cuestionario se elaboró en base a 11 preguntas directas o funcionales y otras 11 preguntas complementarias o disfuncionales, del tipo: Si la caminadora para realizar pruebas de esfuerzo cumple con tal requerimiento ¿cómo te parece?, la directa y; si la caminadora para realizar pruebas de esfuerzo no cumple con tal requerimiento ¿cómo te parece?, la complementaria. Una vez tabuladas todas las respuestas se hizo el análisis de los datos en realizar la clasificación de los requerimientos o atributos, en donde del total de 11, se catalogaron como atractivos (A) 8, como unidimensionales (U) 3, no aparecieron requerimientos como atributos indiferentes (I), dudoso (D), opuesto (R) y obligatorios (O).

Cuadro 2. Clasificación de los atributos según el resultado de las encuestas.

Núm.	Atributos definidos para la caminadora	Atribuo Atractivo		Atribuo Oblivatorio		Atribuo Opuesto		Atribuo Unidimensional		Atribuo Dudoso		Atribuo Indiferente		Total		Calificación
		A	%	O	%	R	%	U	%	D	%	I	%	Total	%	
1	Dimensionamiento	28	31%	5	6%	2	2%	20	22%	26	29%	9	10%	90	100%	A
2	Automatización	45	50%	1	1%	2	2%	15	17%	18	20%	9	10%	90	100%	A
3	Transportable	15	17%	6	7%	0	0%	41	46%	22	24%	6	7%	90	100%	U
4	Fácil de utilizar	37	41%	5	6%	4	4%	17	19%	16	18%	11	12%	90	100%	A
5	Ergonomica	37	41%	3	3%	5	6%	17	19%	15	17%	13	14%	90	100%	A
6	Caminadora Ligera	25	28%	5	6%	2	2%	18	20%	21	23%	19	21%	90	100%	A
7	Máquina de alto desempeño	28	31%	4	4%	3	3%	31	34%	17	19%	7	8%	90	100%	U
8	Bajo costo de Adquisición de la	39	43%	1	1%	2	2%	22	24%	19	21%	7	8%	90	100%	A
9	Resistente	17	19%	4	4%	2	2%	47	52%	17	19%	3	3%	90	100%	U
10	Plegable	27	30%	7	8%	0	0%	19	21%	22	24%	15	17%	90	100%	A
11	Mantenimiento menor	38	42%	8	9%	5	6%	14	16%	16	18%	9	10%	90	100%	A

Para el diseño conceptual se utilizará como característica para el diseño de una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo los atributos atractivos y unidimensionales. Se realizó además una prueba estadística que permitió evaluar la significatividad de la clasificación Kano, con la prueba estadística de Fong, se comprobó que los 11 atributos calificados no existen una diferencia significativa entre las dos categorías más frecuentes de cada pregunta, por lo que debe investigarse más afondo y bien podrían ser clasificados como *mínimum minimorum*, es una expresión en latín, que quiere decir lo mínimo de los mínimos. A partir de esto, los tipos de productos que se pueden ofrecer en base al agrupamiento de diferentes combinaciones de características de caminadoras para pruebas de esfuerzo, la información se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Combinaciones de atributos para diferentes tipos de producto.

Tipo de producto	Atributos Requeridos en la clasificación de Kano.
Básico	
Esperado	3. Transportable, 7. Máquina de alto desempeño, 9. Resistente
Ampliado o Potencial	3. Transportable, 7. Máquina de alto desempeño, 9. Resistente. + 1.Dimensionamiento, 2. Automatización, 4. Fácil de utilizar, 5. Ergonómica, 6. Caminadora Ligera, 8. Bajo costo de adquisición de la caminadora, 10. Plegable, 11. Mantenimiento menor.

3.4 SECCIÓN DE QFD Y TRIZ.

En esta sección se presentan en primera instancia la aplicación de la matriz QFD, tal como se muestran en el cuadro 4, la cual permite encontrar la relación entre las necesidades identificadas y especificaciones con las que debe contar el diseño de la caminadora., en la que se analizó el QFD entre los “Que’s” (requerimientos del cliente) y los “Como’s” (parámetros de diseño del producto) de los dos ejes de la matriz de QFD. Para la determinación de los parámetros técnicos se consideraron las características técnicas requeridas por las caminadoras que finalmente se seleccionaron de los 39 parámetros conocidos del TRIZ que fueron 1, 3, 5, 9, 10, 14, 15, 19, 21, 30, 34, 36, y 38, de los 13 parámetros definidos se presentan en las columnas derechas en el cuadro 4. Al realizar el análisis de

acuerdo con el grado de influencia de los requerimientos del cliente y los parámetros técnicos del producto. Se obtuvieron los puntajes en columnas de parámetros de diseño y se determinaron siete requerimientos técnicos del producto con las puntuaciones más altas, el análisis de esta información se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis QFD y determinación de las características técnicas de diseño.

Núm.	Requerimientos (Qué's)	Valor	Parámetros (Cómo's)												
			1. Peso	3. Longitud	5. Área	9. Velocidad	10. Fuerza	14. Resistencia	15. Durabilidad	19. Energía Gastada	21. Potencia	30. Factores perjudiciales	34. Reparabilidad	36. Complejidad de un mecanismo	38. Nivel de Automatización
1	Dimensionamiento	8	9	9	9	3	3	1	1	3	3	1	3	3	1
2	Automatización	10	1	1	3	9	1	1	3	3	3	1	3	3	9
3	Transportable	1	9	9	9	1	3	3	1	0	1	1	0	1	1
4	Fácil de Utilizar	9	3	9	9	9	9	1	3	9	9	1	9	9	9
5	Ergonómica	7	9	9	9	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1
6	Caminadora Ligera	8	9	9	9	3	9	3	3	3	1	1	1	1	1
7	Máquina de Alto desempeño	8	3	3	3	9	3	9	9	9	3	3	1	3	9
8	Bajo Costo de Adquisición de la caminadora	10	3	3	3	3	3	9	9	3	3	9	9	9	9
9	Resistente	9	3	3	3	3	9	9	9	3	3	9	3	3	3
10	Plegable	8	9	3	9	1	9	3	3	1	1	3	3	9	0
11	Mínimo Mantenimiento	7	3	3	3	3	9	9	9	3	3	3	3	9	9
Calculo			409	415	483	393	433	403	439	318	255	281	356	379	445
Importancia Relativa (%)			8.17	8.29	9.64	7.85	8.64	8.05	8.76	6.35	5.09	5.61	7.11	7.57	8.88
			6	5	1		4	7	3					2	

La casa de calidad QFD, determinó las características técnicas más significados para el diseño conceptual de la caminadora, las relaciones entre los requerimientos del cliente y las exigencias de diseño quedaron registradas en la matriz (habitación central) de la casa de la calidad, quedando de esta manera: 1. Área, 2. Nivel de automatización, 3. Durabilidad, 4. Fuerza, 5. Longitud, 6. Peso, 7. Resistencia.

3.5 SECCIÓN DE METODOLOGÍA TRIZ

Este método ha sido aplicado con éxito a muchos problemas de ingeniería. La información que se presenta en el Cuadro 5, muestra la matriz de contradicciones de TRIZ, en un análisis realizado por (Tacle et. al. 2019) indica que la matriz de contradicciones es la herramienta que contrasta las características o parámetros del sistema que se deben mejorar, frente a los parámetros de diseño que se deterioran o empeoran. En la intersección de estos se establecen los principales principios de inventiva involucrados que han de ser empleados en solución de una contradicción particular.

Que pueden ser aplicados al diseño de la caminadora para realizar pruebas de esfuerzo, destacándose y resaltando entre ellos los siguientes:

Cuadro 5. Matriz de contradicciones de TRIZ.

		Parámetro que empeora							Contradicciones	Descripción	
		1. Peso de un Objeto en Movimiento							Resistencia vs Potencia: Si se mejora el parámetro de la resistencia en la caminadora, empeora la potencia. Según la matriz de contradicciones de TRIZ los principios de ingeniería para resolver la contradicción son: 10, 26, 28, 35.	Fuerza vs Peso: También si se mejora el parámetro de la fuerza, empeora el peso de un objeto en movimiento. TRIZ indica que debemos considerar las soluciones: 1, 8, 18, 37.	
		9. Velocidad									Resistencia vs Peso: Así mismo, si se mejora la resistencia, se empeora el peso de un objeto en movimiento. TRIZ revela que debemos considerar las soluciones para resolver la contradicción y las soluciones son: 1, 8, 15, 40.
		11. Forma									
		13. Estabilidad de un objeto									
		21. Potencia									
		32. Manufacturabilidad									
		36. Complejidad de los mecanismos									
Num	Parámetro que mejora	1	2	3	4	5	6	7			
1	1. Peso		2, 8, 15, 38	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	12, 36, 18, 31	27, 28, 1, 36	26, 30, 36, 34			
2	3. Longitud	8, 15, 29, 34		1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	1, 35	1, 29, 17	1, 18, 26, 24			
3	5. Área	2, 17, 29, 4	29, 30, 4, 34	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	19, 10, 32, 18	13, 1, 26, 24	14, 1, 13			
4	10. Fuerza	8, 1, 13, 28, 37, 18	13, 28, 15, 12	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	19, 35, 18, 37	15, 37, 18, 1	26, 35, 10, 18			
5	14. Resistencia	1, 8, 40, 15	8, 13, 26, 14	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	10, 26, 35, 28	11, 3, 10, 32	2, 13, 25, 28			
6	15. Durabilidad	19, 5, 34, 31	3, 35, 5	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	19, 10, 35, 38	27, 1, 4	10, 4, 29, 15			
7	38. Nivel de automatización	28, 26, 18, 35	28, 10	15, 32, 1, 13	18, 1	28, 2, 27	1, 26, 13	15, 24, 10			

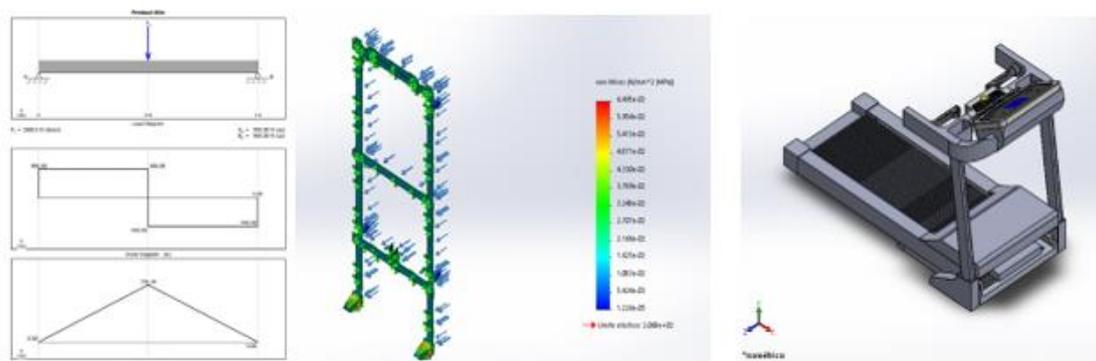
(Tacle et. al. 2019) hizo un análisis de la matriz de contradicciones, centrándose esencialmente en las contradicciones resistencia-peso. En ese caso concluyeron que, para un buen desempeño, la matriz debía ser modificada. En el caso de resistencia-peso, la matriz original contempla los principios 1,8,15,40; y la matriz modificada los 1,2,31,40, es decir estos autores cambiaron totalmente los principios de ingeniería para la solución del problema, manteniendo solamente 2 de ellos, eliminando dos principios originales e incluyendo nuevos principios.

3.6 SECCIÓN ANÁLISIS ESTÁTICO, SIMULACIÓN EN MEF Y MODELADO DEL DISEÑO EN 3D.

Investigaciones recientes relacionadas con el diseño y análisis de cinta de correr o caminadoras motorizadas (HE Zhan-liang, 2019), han demostrado la teoría y el método de la ergonomía para diseñar la caminadora motorizada en términos de selección del motor, la disposición de la pantalla electrónica, la altura del pasamanos, el diámetro del tambor, el área de la banda de rodadura, la longitud del chasis, la longitud y el ancho de estribo, el ancho de la banda lateral, etc. Del mismo modo, el peso, área de la banda caminadoras son de crucial importancia debido a que el paciente deberá ejercer fuerza al momento de realizar la prueba de esfuerzo cuando la caminadora de marcha (González, 2019).

Considerando estos estudios para las dimensiones de la plataforma de carga chasis, la estructura propuesta es un rectángulo de, el chasis soporta el peso del paciente y el impacto de la carga dinámica mientras se pone en marcha considerando una carga de 214 kg, a partir de estas referencias se realizan los cálculos para un análisis estático y se comprueban con el MEF, información que se presenta en las figuras 2.

Figura 2. Análisis Estático, simulación de MEF y modelado del diseño en 3D.



4 COMENTARIOS FINALES

4.1 RESUMEN DE RESULTADOS

En este trabajo investigativo se estudió el diseño conceptual de una caminadora, los resultados incluyen la aplicación en la integración de las metodologías que demuestran la trascendencia en el desarrollo del diseño conceptual de nuevos productos, permitiendo que la metodología que propone la Dra. Rosario Martínez sea más concreta. El método Kano: se logró la identificación de los atributos o requerimientos del cliente en parámetros técnicos. Análisis QFD y TRIZ: se determinó las características técnicas de diseño y obtener las combinaciones de atributos para diferentes tipos de producto. Por medio del análisis por elementos finitos realizado en el software de ingeniería SolidWorks se determinó que la zona de mayor concentración de esfuerzos y deformaciones se ubica en los puntos de unión de la plataforma de carga, entre los ejes, rodillos, elementos de transmisión por banda y el mecanismo de inclinación. Mediante la aplicación del método Pugh se logró definir la mejor configuración para el diseño conceptual de la caminadora.

5 CONCLUSIONES

El diseño conceptual de una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo se realizó para proponer una alternativa que asista en el Centro Cardiológico de Alta Especialidad “Sagrado Corazón”, ubicado en Huejutla de Reyes, Hgo. ante la necesidad que presenta esta entidad prestadora de servicios médicos en mejorar la calidad asistencial para tener la mejor atención al mínimo costo posible debido a los altos costos de importación para la adquisición de equipo de tecnología médica y en la preocupación por atender a los pacientes frente a este desafío creado por la pandemia global del coronavirus SARS-CoV 2 (COVID-19). Este equipo, debe ser apropiado a las condiciones de trabajo a las que está sometido debido a las fuerzas involucradas generadas por los pacientes y a los parámetros que se establecen en el protocolo de Bruce. A partir de la información recolectada en el estado del arte se logró establecer los métodos de diseño que permitieron llevar a cabo el desarrollo de este proyecto. La metodología que propone la Dra. Rosario

Martínez permitió que el desarrollo del proyecto sea más concreto. La metodología de diseño utilizada de Donald Norman (2000), permite al diseñador ser más organizado y sistemático. Aplicando el método de los elementos finitos MEF se demostró que efectivamente, esos cuatro principios de ingeniería resolvieron la contradicción resistencia- peso cuando se aplican a la plataforma de carga o chasis y a cada elemento mecánico que integra la caminadora, teniendo en cuenta los materiales existentes en el mercado, los esfuerzos máximos, deformaciones y peso del material. En la que se garantiza que el dispositivo médico propuesto, cumplirá los requerimientos del centro cardiológico, que son: Dimensionamiento, automatización, transportable, fácil de utilizar, ergonómica, caminadora ligera, máquina de alto desempeño, bajo costo de adquisición, resistente, plegable y mínimo mantenimiento.

RECOMENDACIONES

El grupo de personas que conformen la muestra deben ser personas con el interés y la disposición de ayudar a la investigación. En los atributos que no presentan una diferencia significativa entre las dos respuestas más altas se recomienda hacer una investigación más a fondo para tener claro cuál es la categoría en que los clientes clasifican estos atributos. Ante el análisis realizado una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo ideal es aquella que no solo soporte el peso del paciente y la resistencia de los materiales, sino que también permita presentar las siguientes características y se recomiendan que los parámetros técnicos más influyentes en el momento de seleccionar una caminadora para realizar pruebas de esfuerzo con tecnologías medicas existentes en el mercado, tales como: 1. Potencia: mínimo de 1.5 optima 2 HP. 2. Velocidad máxima: 12 km/hrs ya que el protocolo de Bruce establece de 9.6 km/hrs. 3. Inclinación máxima: 22%, no se recomiendan los rangos de inclinación de 7%, 10%, 12% y 15 % ya que el protocolo de Bruce establece una inclinación máxima de 22%. 4. Tamaño: Esta característica depende de las medidas antropométricas y dependerá de la estatura del paciente. Para pacientes altos la superficie mínima será de 46 x 130 cm, mientras que para los medianos o bajos será de 42 x 127 cm. 5. Amortiguación: se recomienda el sistema Softrack. 6. Programa: conocer métricas de velocidad, las caminadoras comerciales no ofrecen el protocolo de Bruce a lo que se tendrá que implementar un sistema embebido para modificar el sistema.

REFERENCIAS

Altshuller, Genrich “Creatividad como Ciencia Exacta” TRIZ Institute, (1997).

Sanchez, Ramon. Material de la clase “Sustainable Business and Technology” (ENVR E-157), impartida en la Universidad de Harvard.

Terninko, John “Quality Function Deployment”. QFD Institute, (1997).

Tacle Humanante, Paul Marcelo, Moya Rodríguez, Jorge Laureano, & Marty Delgado, José Roberto. (2019). “Modificaciones de la Matriz De Contradicciones para el Diseño de Engranajes Cilíndricos de dientes Rectos de Material Plástico”. Centro Azúcar, 46(1), 86-96. Recuperado el 10 de febrero de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000100086&lng=es&tlng=es

Zhan-Liang He (2019). “Design And Analysis of Motorized Treadmill Based on Ergonomics”. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/335726295_Design_and_analysis_of_motorized_treadmill_based_on_ergonomics