

Design of a low-cost, adjustable treadmill for disabled and healthy dogs in rescue organizations

Alejandro Josué Laínez Aguilar, Engineer¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Tegucigalpa, Honduras, aljosue98@unitec.edu

Abstract— The lack of static exercise equipment in rescue foundations may be the reason dogs increase aggressive traits, which in turn prevents them from being adopted. Being a non-profit foundation, it seeks to design a low-cost treadmill that is adjustable for dogs of diverse sizes and that can be used by disabled and healthy dogs. To achieve this, a bibliographic review was conducted, visits to the foundation, calculations to determine materials, and in the end, prototypes were made in SolidWorks. Once completed, a list of materials was made with prices with the recommended materials and the minimum requirements for some essential elements. As a result, we had what is the final model in SolidWorks with its parts, and adjustment modes for the pulleys, cables, and ropes that are seen in the final design of the treadmill and harnesses. A price of \$390 was made for materials for the treadmill, which compared to the commercial price of a small breed treadmill, which is 39% of the price found on the market.

Keywords— *Biomedical Engineerig, Canine Treadmill Design, Low-cost Equipment, Shelter Dog Behavior, SolidWorks Prototyping*

Design of a low-cost, adjustable treadmill for disabled and healthy dogs in rescue organizations.

Alejandro Josué Laínez Aguilar, Engineer¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Tegucigalpa, Honduras, aljosue98@unitec.edu

Abstract— The lack of static exercise equipment in rescue organizations may be the reason dogs increase aggressive traits, which in turn prevents them from being adopted. Most of these are non-profit organizations with limited budget. The purpose of this investigation is to design a low-cost treadmill that is adjustable for dogs of diverse sizes and that can be used by disabled and healthy dogs. To achieve this, a bibliographic review was conducted, visits to the foundation, calculations to determine materials, and in the end, prototypes were made in SolidWorks. Once completed, a list of materials was made with prices with the recommended materials and the minimum requirements for some essential elements. As a result, we had what is the final model in SolidWorks with its parts, and adjustment modes for the pulleys, cables, and ropes that are seen in the final design of the treadmill and harnesses. A price of \$390 was made for materials for the treadmill, which compared to the commercial price of a small breed treadmill, which is 39% of the price found on the market.

Keywords— *Biomedical Engineerig, Canine Treadmill Design, Low-cost Equipment, Shelter Dog Behavior, SolidWorks Prototyping*

I. INTRODUCCIÓN

En visitas y actividades de voluntariado, se identificó que en los centros rescatistas de perros y gatos en Tegucigalpa no cuentan con dispositivos de ejercicio estacionario. Durante las visitas se observó una población de perros con incapacidad de salir, ya que presentaban rasgos de agresividad, rechazo a prótesis, y discapacidad en miembro inferior. Las fundaciones no siempre tienen la oportunidad de sacar a los perros de paseo [1] [2].

La falta de ejercicio en los perros puede causar varios problemas, como aumento de agresividad, aumento en estrés, e imperatividad, así como también músculos atrofiados, y cambios de humor. Se encontró en organizaciones rescatistas la falta de caminadoras estacionarias, las cuales con ligeras modificaciones se emplearían en perros que tienen discapacidades en sus piernas traseras, así como brindar una forma de ejercicio a perros que tienen cierta agresividad hacia otros perros, bajando niveles de estrés. Al aumentar estas características, se disminuyen las probabilidades de adopción.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

El diseño de una caminadora de bajo costo, y un estimado del costo de construcción de esta, se presentan como una gran introducción para aumentar las probabilidades de adopción, así como la calidad de vida de los perros del refugio. Sin embargo, brindar el diseño de una caminadora no sería suficiente para la utilización de esta, en el momento de su construcción. Se necesitaría el diseño de un arnés para la parte inferior del cuerpo, así como comprender el comportamiento de un perro y cómo dirigirlo hacia una acción y/o retenerlo en un lugar específico.

El objetivo de esta investigación es diseñar una caminadora de bajo costo para organizaciones rescatistas de animales en Tegucigalpa que se adapte a perros de distintos tamaños. El diseño debe incluir un modelo de arnés que sirva de punto de soporte de acuerdo con la anatomía de los perros.

Este documento se divide en secciones; la sección II incluye la revisión de literatura. Seguido por Métodos en la sección III, donde se muestra el proceso metodológico para cumplir el objetivo principal. La sección IV muestra los resultados y discusión. Por último, las conclusiones al cumplir los objetivos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Construcción de una caminadora de bajo costo experimental para animales

[3] entendieron que en los estudios realizados para animales se realizaban en caminadoras diseñadas para humanos, lo que sería una aplicación costosa y tendría efecto en los resultados obtenidos de las pruebas. De manera que se realizó una caminadora para perro que tuviera una velocidad variable de 0.8 a 7 mph, que pudiera disponer el peso de perros de 5 a 25 kg, y que se pudiera usar de manera satisfactoria por cientos de horas.

Se debe tomar en cuenta que en la caminadora se utiliza un motor AC de $\frac{1}{4}$ de caballos de fuerza, con 1750 rpm, y un variador de velocidades. Con el fin de controlar la velocidad del perro en el uso de la caminadora. También se agregó una caja ligera con 36 pulgadas en altura, 14 de ancho, y 54 de largo. La caminadora completada se puede mostrar en la Fig. 1.

Sin embargo, esta caminadora no posee soportes para miembros inferiores y al tener motor puede traer muchos beneficios tales como una velocidad estable, y un panel de control, pero también desventajas como alto costo energético y baja productividad.

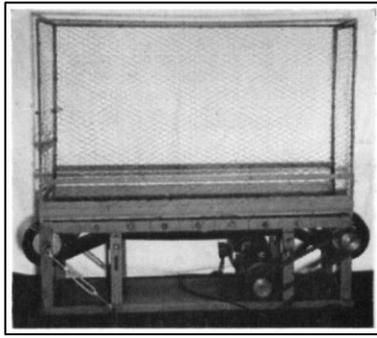


Fig. 1 Primera caminadora para perro de bajo costos para estudios (1954)

B. Uso de caminadora con soportes inferiores y superiores con fines terapéuticos

[4] mencionan que el 47.3% de los perros se vieron beneficiados de un entrenamiento temprano después de una intervención quirúrgica. El entrenamiento se dio con caminadoras y personal de apoyo, así como formas de soporte que es de nuestro interés. Se comenzó manteniendo al perro de pie durante 1 minuto y a medida se avanza se emplea movimiento bicicleta leve en miembros inferiores.

Ya finalizado el proceso anterior, se realizó una adición a una caminadora para perro común que sería el soporte de manera terapéutica como se muestra en la Fig. 2. En esta caminadora con soporte adicional se le agrega el ejercicio terapéutico con la ayuda de dos enfermeros.



Fig. 2 Soportes físicos utilizados en terapia física

C. Diferenciación de caminadoras sumergible y no sumergible

Teniendo doble arnés puede ayudar al perro a utilizar la caminadora, sin embargo, se tuvo en consideración un medio que no requería doble arnés. Otro método de terapia física para el perro es el uso de caminadoras sumergibles. Estas caminadoras elevan el nivel del agua progresivamente de manera que no sea una piscina y le quite peso al perro durante el ejercicio.

Según [5] en las conclusiones, este tipo de caminadora ayuda con la distribución de peso, flexión de articulaciones, y movilización de las articulaciones. El peso del perro disminuye en un 10.97% en un nivel de agua que llegue a los codos del perro, por lo cual no es viable para perros con total discapacidad inferior. Puede servir como método terapéutico para perros con dolores crónicos, no cumple todos los requerimientos de esta investigación.

III. MÉTODO

A. Variables de investigación

Como variable dependiente se definió la caminadora para perros sanos y/o discapacitados de bajo costo. Una caminadora para perro que se adapte a las necesidades de perros con discapacidad en miembros inferiores, así como perros sin discapacidad. También, al ser destinada a organizaciones rescatistas, tiene el objetivo de ser de bajo costo.

Como variables independientes se definieron:

- Análisis de puntos de soporte anatómicos. Análisis de fuerzas para brindar soporte al perro en caso de requerirlos, también necesarios para el diseño del arnés.
- Diseño de partes movibles en soportes. Un soporte adaptable a varios tamaños de perro requiere movimientos y estabilidad.
- Dimensión del perro. El tamaño del perro más grande dentro de la casa de la organización rescatista.
- Diseño de arnés. El arnés y punto de unión mantendrán al perro dentro de la caminadora y brindarán apoyo.
- Material. Se tuvo en cuenta el costo/beneficio en el momento de realizar la cotización de materiales.

El proceso metodológico que se siguió se muestra en Fig. 3. Cada paso se define a continuación:

- Revisión bibliográfica. Se realizó una investigación de los datos necesarios para una caminadora de bajo costo para perros con discapacidad de miembros inferiores. Por lo cual se investigó sobre la anatomía del perro, puntos de soporte musculares, y esqueléticos, síntomas de falta de ejercicio, beneficios de ejercicio, formas de soporte para perros con discapacidad, y métodos de entrenamiento para el uso de la caminadora.
- Visitas a organizaciones rescatistas. Se hizo una visita a la fundación ARI con el fin de realizar medidas para los perros discapacitados y algunos que puedan hacer uso de la caminadora. Al mismo tiempo, realizar una entrevista para tener el punto de vista de los encargados que son los que más tiempo pasan con los perros.
- Realizar prediseños de los arneses y la caminadora. Se realizaron bocetos de cómo sería el arnés trasero y delantero, separados en conjuntos. Estos bocetos se realizaron tomando en cuenta los puntos de soporte anatómicos de los perros.
- Diseño de caminadora en SolidWorks. Se realizó un modelo de la caminadora con los soportes incorporados.
- Hacer prototipo de arnés trasero en SolidWorks. Se realizó un modelo del arnés trasero con los puntos de soporte implementados. Los cuales se conectarán a los soportes adicionales implementados a la caminadora.
- Definir la lista de materiales. Se realiza la lista de materiales que pueden ser utilizados al momento de

una futura elaboración de una caminadora para perro discapacitado de bajo costo.

- Revisión del costo de materiales. Una investigación local del costo de materiales de construcción de la caminadora a futuro.
- Listado de materiales con recomendaciones de compra. Una vez definida la lista de materiales y la revisión de costos. Se realizan recomendaciones de materiales ya que puede que algún material no esté disponible. En ese caso se presentan recomendaciones de compra y alternativas.

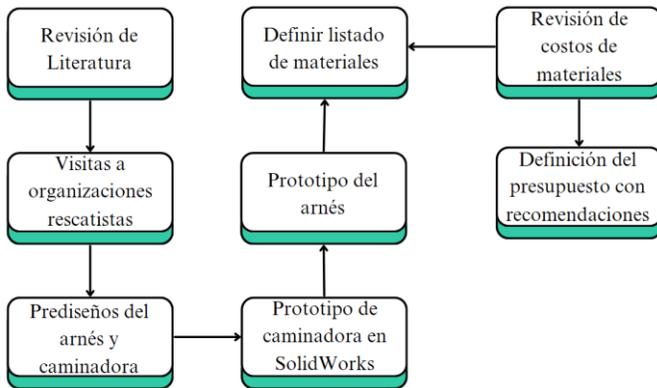


Fig. 3 Metodología de estudio

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis anatómico del perro

El interés en los puntos anatómicos de soporte de un perro no solo es necesario para el arnés sino también para el posicionamiento de los soportes de la caminadora. Se reconocen los puntos anatómicos donde recae el peso y requieren movilidad. Se muestra dónde recae el peso en cuatro puntos que son reconocidos como Thor, Lumb, FemL, y Hum. Estos cuatro puntos se muestran en la Fig. 5 [9].

Seguido por los puntos de soporte vistos sistema esquelético, los cuales se pueden visualizar en Fig. 5, siendo los puntos de L1 hasta el hueso ilion donde se buscará distribuir el peso. Los puntos de soporte frontales también influyen en la posición de los puntos de soportes inferiores por lo cual en la Fig. 6 todos los soportes en un perro son mostrados en el diseño de un arnés frontal [10] [11].

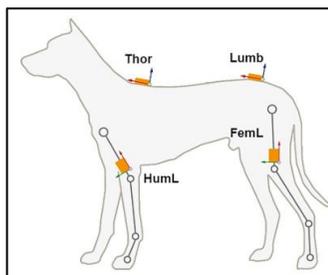


Fig. 4 Principales puntos de apoyo de fuerza y peso

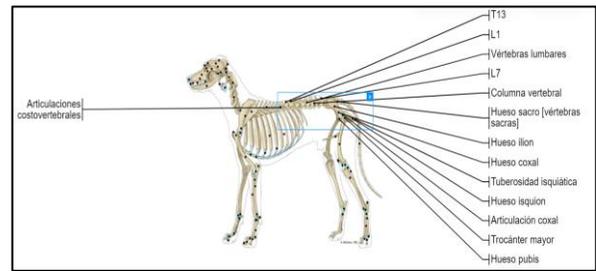


Fig. 5 Puntos de interés esquelético para arnés inferior

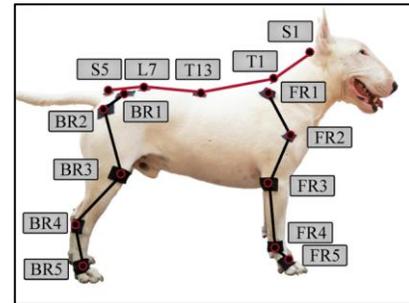


Fig. 6 Puntos de soporte anatómicos en un perro

Se brinda el interés en los puntos BR1 a BR3, ya que son los soportes más inferiores del perro. Mientras se buscó un punto de unión con un arnés frontal común, se puede visualizar en Fig. 5, se comparten las articulaciones costovertebrales, por lo cual un punto de unión ideal sería en la totalidad de esa zona transversal. En cuanto a los músculos de las piernas, se busca solamente que tenga movilidad y que la zona pueda respirar.

Los soportes de caderas para implementación de prótesis de soporte total tienen los soportes desde los puntos FR1 hasta S5 y conectan puntos BR3 con FR3. [12]

B. Puntos de soporte requeridos para la asistencia del perro en una caminadora

Un solo soporte en el arnés inferior sufriría de las mismas consecuencias que un collar sobre un arnés común. Por lo cual se distribuyó la presión de un solo soporte a lo largo de más puntos de soporte [6] [7] [8].

Para el análisis de rango del movimiento en las piernas de un perro se requerían saber los puntos principales de apoyo de fuerza. En [9] se analiza cómo poner la distribución de peso en dos puntos, uno superior y uno inferior.

C. Visita y entrevistas

Se realizó una visita a la Organización ARI para obtener medidas promedio de los perros con discapacidad de la fundación. De esto se obtuvieron las medidas finales con las cuales se realizaron los cálculos. Se midieron 2 de 3 perros que se tenían en la fundación en el momento con problemas de agresión y/o discapacidad. Se tuvo un promedio de peso de 23.6 kilos, sin embargo, un perro pesaba 27.45 kilos. Y la zancada se realizó con el perro más grande, tuvo una longitud de 0.8m.

Se realizó una entrevista a una diseñadora de moda, la cual detalla que un arnés de este tipo por ser diseño y creación de

primera instancia puede rondar entre los 2,000.00 y 3,000 Lempiras en fabricación si se es el primero, con materiales de calidad, y mano de obra incluida en ese presupuesto.

D. Diseño del arnés inferior

Ya analizando los métodos de soporte y análisis de la anatomía del perro, se puede concretar que estos serían los soportes requeridos en el arnés inferior. En la Fig. 7 se muestra el boceto inicial del arnés y sus soportes son:

- Soporte principal. Este soporte, tiene la función de traer estabilidad, y es que brinda mayor soporte. Es una herramienta que se usa generalmente en terapia física. Se sitúa entre el músculo oblicuo externo del abdomen y la vaina del músculo recto del abdomen.
- Soporte 2. Se encuentra un poco atrás de las articulaciones costovertebrales, y tiene la función de disminuir la presión que tiene el soporte principal sobre el abdomen. Como función secundaria, ser punto de unión para el soporte 3.
- Soporte 3. Se ubica en la parte más inferior del arnés entre L7 y hueso sacro, también se puede empuñar en la posición Lumb. Se adhiere a la cuerda o correa del soporte 2. Tiene la función de levantar la columna a un punto estable y cómodo para el perro.
- Soporte 4. Se encuentran en la parte inferior del músculo bíceps femoral rodeando cada pierna del perro, en la posición FemL. Tiene como función mantener al perro en una posición recta, disminuir la presión de soporte 4, y darle más comodidad al perro.

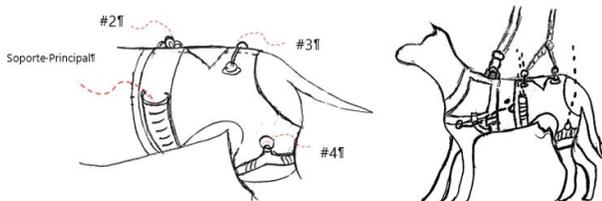


Fig. 7 Bocetos iniciales de los soportes de arnés trasero

Una vez teniendo cantidad de soportes y medidas, se debe tomar en cuenta distribución de presión y fuerza, por lo cual al diseño se decidió agregar un ligero acolchonado en la parte interior del arnés inferior como se puede mostrar en Fig. 8. La distancia que se debe normalizar para la distancia de las argollas de soporte 2 a soporte 3 debe ser la distancia del inicio del arnés hasta la posición Lumb.

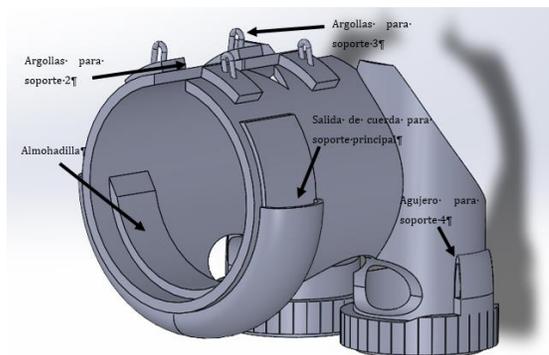


Fig. 8 Diseño del arnés inferior en SolidWorks

E. Diseño de la caminadora y los soportes

Para el diseño de la caminadora se tuvieron varios parámetros como peso máximo, desgaste, y deformación de rodillo, área transversal de los rodillos, RPM, carga dinámica y estática en rodamiento, y área de alfombra requerida. El diseño de una maquinaria requiere de estos datos para tener seguridad, ante todo [13] [14] [15] [16].

Se diseñó la caminadora para que tenga un peso máximo de 50 kilos, y pueda ir a 65 kilómetros por hora ya que estas son las medidas de perros sanos de razas pequeñas a razas grandes, y la velocidad de un Whippet una raza de perros criada para ser veloz [17] [18]. Se realizaron todos los cálculos necesarios usando las fórmulas (1) a (5) para obtener las dimensiones de la caminadora. Como resultado de los cálculos se tiene la TABLA 1, y para la selección de rodamientos se deben tener los requerimientos mínimos mostrados en la TABLA 2 [13].

TABLA 1- Medidas para la caminadora

| Medidas Caminadora | |
|-------------------------------|------|
| Largo de Caminadora (m) | 1.5 |
| Diámetro Rodamiento (cm) | 5.2 |
| Diámetro interno Rodillo (cm) | 5.1 |
| Diámetro Externo Rodillo (cm) | 5.5 |
| Longitud de Rodillo (m) | 0.5 |
| Altura del suelo (m) | 0.4 |
| Grosor de la base (cm) | 7.5 |
| Altura de la caminadora (m) | 1.55 |

TABLA 2 Especificaciones mínimas para los rodamientos

| Capacidad de carga dinámica (kN) | Capacidad de carga estática básica (kN) | Velocidad necesaria min (RPM) |
|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 6.727 | 3.818 | 6156 |

$$\sigma = \frac{F_{ax}}{A} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{(\sigma)(L_1)}{E} \quad (2)$$

$$RPM = \frac{1000V_c}{\pi D} \quad (3)$$

$$L_d = (h)(RPM)\left(60\frac{min}{hr}\right) \quad (4)$$

$$C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (5)$$

Para la deformación de material se utiliza el punto en el cual el perro pone la pierna delantera y la trasera de manera estirada, y resulta ser, por lo cual la longitud de la caminadora es de 1.5m mientras la altura se determina de la cantidad de puntos ajustables, siendo la altura de 1.55m. Como se muestra en la Fig. 9 [4].

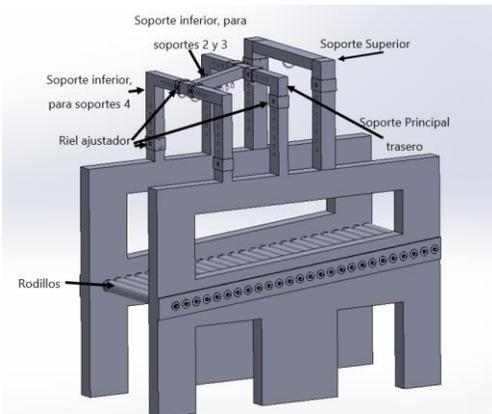


Fig. 9 Diseño de caminador con los soportes en SolidWorks

En cuanto a la inclinación impuesta desde el rodillo señalado hasta el primero en delante. A falta de motor se requiere cierta inclinación para alentar al perro a seguir adelante, con la gravedad, el perro se va para atrás. Una inclinación máxima de 5° desde el rodillo trasero hasta el frontal. Ya que cualquier inclinación mayor a 10° puede dañar la salud del perro. La cinta o alfombra rodeando los rodillos debe usarse en caso de tener razas pequeñas [19].

F. Lista de materiales con costos

En la TABLA 3 se presentan los materiales que se pueden utilizar para la manufactura de la caminadora. Mientras, en la TABLA 4 muestra el total.

El costo final de la caminadora sin mano de obra estaría en un total de 390.24 dólares. Eligiendo los rodamientos de bola 6007 2-2RS1 en vez de los 6205-2RS, ambos cumplen los requisitos mínimos de funcionamiento, sin embargo, los 6205-

2RS, tendrían más esperanza de vida por rodillo. Las caminadoras de perro comerciales pueden encontrarse hasta 250 dólares de tipo usada para razas pequeñas y bajas velocidades. Esta caminadora compite con caminadoras de 1000 dólares por tamaño y desempeño. Con múltiples ajustes de tamaños y para perros discapacitados.

TABLA 3 Lista de materiales y costos de caminadora

| Dispositivo | Material | Medida | Capacidad | Costo Unitario | Cantidad | Total | Con materiales recomendados |
|-------------|-------------|---------------------------------|-----------|----------------|----------|------------|-----------------------------|
| Caminadora | Tornillo | 1/2 de 6 pulg. | | L 54.00 | 52 | L 2,808.00 | |
| | Tornillo | 5/8 de 6 pulg. | | L 75.00 | 52 | L 3,900.00 | |
| | Tornillo | 1/2 de 5 pulg. | | L 44.00 | 52 | L 2,288.00 | L 2,288.00 |
| | Tornillo | 5/8 de 5 pulg. | | L 67.00 | 52 | L 3,484.00 | |
| | Arandela | 1/2 | | L 3.75 | 104 | L 598.00 | L 598.00 |
| | Arandela | 5/8 | | L 8.75 | 104 | L 910.00 | |
| | Tuerca | 1/2 | | L 4.70 | 104 | L 488.80 | L 488.80 |
| | Tuerca | 5/8 | | L 8.75 | 104 | L 910.00 | |
| | Tubo de PVC | 6m de 1 1/2 pulg. | | L 165.00 | 3 | L 495.00 | |
| | Tubo de PVC | 6m de 2 pulg. | | L 120.00 | 3 | L 360.00 | L 360.00 |
| | Balneras | 6007 2-2RS1 | | L 54.80 | 52 | L 2,849.60 | L 2,849.60 |
| | Alfombra | 1.83m x 2.44m | | L 2,300.00 | 1 | L 2,300.00 | |
| | Alfombra | 60pulg x 1 metro | | L 495.00 | 1 | L 495.00 | L 495.00 |
| | Madera | Tabla 3pulg x 1.5m ² | | L 380.00 | 2 | L 760.00 | L 760.00 |
| | Madera | Regla 3 x 1 x 1 pulg. | | L 65.00 | 10 | L 650.00 | L 650.00 |

TABLA 4 Lista de materiales y costos de los soportes en la caminadora

| | | | | | | | |
|----------|-----------------------------------|---------------------|--------|----------|------|----------|------------|
| Soportes | Cable acero rígido recubierto PVC | pie 1/4 | 170 Kg | L 2.40 | 18 | L 43.20 | L 43.20 |
| | Destorcedor | 3 de 16 | 68kg | L 33.00 | 2 | L 66.00 | L 66.00 |
| | Destorcedor | 1/8 | 27 Kg | L 20.00 | 0 | L - | |
| | Nudos para cable | 1/4 | | L 26.50 | 10 | L 265.00 | L 265.00 |
| | Bandola Destorcedora | 5/8 | 93kg | L 28.50 | 1 | L 28.50 | L 28.50 |
| | Nudos para cable | 5 de 16 | | L 28.00 | | L - | |
| | Garucha para noña | 1 pulg | 50 Kg | L 48.00 | | L - | |
| | Garucha para noña | 3/4 | 50Kg | L 33.50 | 2 | L 67.00 | L 67.00 |
| | Garucha para noña | 1 1/2 pulg | 75 Kg | L 77.00 | 1 | L 77.00 | L 77.00 |
| | Garucha para noña | 2 pulg | 90 Kg | L 145.00 | | L - | |
| | Grapa tipo U | 1/4 x2 | | L 27.00 | 4 | L 108.00 | L 108.00 |
| | Angulo Hierro | 1/8 x 8 x 2 x 6 mts | | L 420.00 | 0.50 | L 210.00 | L 210.00 |
| | Tubo Cuadrado | 3x3 pulgadas | | L 330.00 | 1 | L 330.00 | L 330.00 |
| | Total | L | | | | | L 9,684.10 |

V. CONCLUSIONES

Se ha logrado diseñar un arnés de parte inferior de un perro en SolidWorks, tomando en cuenta todos los puntos de soporte de fuerza anatómicos de un perro. También tomando en cuenta lo que es la comodidad del perro y la interacción que puede tener el perro con el arnés en nuevas instancias.

Los soportes diseñados en la caminadora brindan apoyo no solo a perros sanos de varios tamaños, sino también a perros con discapacidad de varios tamaños.

Se comprendió que no todos los perros interactúan de la misma manera hacia el mismo tipo de recompensa. Los perros, en su minoría, requieren de un tipo especializado de recompensa para cumplir una acción. Se diversifica la cantidad de recompensas que deben estar disponibles. Por motivos económicos se busca algo que pueda estar lamiendo.

Se logró diseñar una caminadora que sea ajustable desde razas pequeñas hasta razas grandes, así como la cotización de materiales necesarios. El costo de fabricación es el equivalente a 392.06 dólares utilizando materiales locales. El costo estimado de una caminadora con características similares oscila entre 700 y 1,200 dólares, haciéndola una opción más

económica para las organizaciones rescatistas de Honduras que operan con presupuestos limitados.

VI. AGRADECIMIENTOS

Se expresa una gran gratitud hacia mis padres que han apoyado, han estado presentes, y han dado consejos en cada paso de este proyecto A la fundación ARI que brindó el tiempo y ayuda necesaria para la toma de medidas, y responder la entrevista. También a la Ingeniera Fernanda Cáceres por la mano guía que tuvo durante este proceso investigativo. Agradecimiento a la Licenciada Isis Cardona que brindaba consejo, apoyo y una perspectiva más creativa.

REFERENCIAS

- [1] E. Robinson, E. Thornton, J. R. Templeman, C. C. Croney, L. Niel, y A. K. Shoveller, «Changes in Behaviour and Voluntary Physical Activity Exhibited by Sled Dogs throughout Incremental Exercise Conditioning and Intermittent Rest Days», *Animals*, vol. 11, n.º 1, p. 118, 2021, doi: 10.3390/ani11010118.
- [2] X. Manteca, M. Amat, y S. Le Brech, «Relaciones humano-animal y bienestar global», vol. 74 (1), pp. 40-42, 2021.
- [3] W. B. Kouwenhoven, T. E. Starzl, y B. Baker, «A Low Cost Treadmill for Experimental Animals», *J. Appl. Physiol.*, vol. 7, n.º 3, pp. 347-348, nov. 1954.
- [4] Z.-L. He, «Design and analysis of motorized treadmill based on ergonomics», *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 592, n.º 1, p. 012140, ago. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/592/1/012140.
- [5] M. Bliss, J. Terry, y R. F. de Godoy, «Limbs kinematics of dogs exercising at different water levels on the underwater treadmill», *Vet. Med. Sci.*, vol. 8, n.º 6, pp. 2374-2381, 2022, doi: 10.1002/vms3.947.
- [6] H.-Y. Shih, C. J. C. Phillips, D. S. Mills, Y. Yang, F. Georgiou, y M. B. A. Paterson, «Dog Pulling on the Leash: Effects of Restraint by a Neck Collar vs. a Chest Harness», *Front. Vet. Sci.*, vol. 8, 2021, Accedido: 12 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2021.735680>
- [7] C. Peham, S. Limbeck, K. Galla, y B. Bockstahler, «Pressure distribution under three different types of harnesses used for guide dogs», *Vet. J.*, vol. 198, pp. e93-e98, dic. 2013, doi: 10.1016/j.tvjl.2013.09.040.
- [8] M. E. Henea *et al.*, «Recovery of Spinal Walking in Paraplegic Dogs Using Physiotherapy and Supportive Devices to Maintain the Standing Position», *Animals*, vol. 13, n.º 8, p. 1398, 2023, doi: 10.3390/ani13081398.
- [9] M. Altermatt, D. Kalt, P. Blättler, y E. Schkommodau, «Extraction of canine gait characteristics using a mobile gait analysis system based on inertial measurement units», *Vet. Anim. Sci.*, vol. 21, p. 100301, 2023, doi: 10.1016/j.vas.2023.100301.
- [10] A. MICHEAU, D. HOA, y S. Boroffka, «Atlas de anatomía con etiquetas, ilustraciones de un perro: anatomía normal | vet-Anatomy», *IMAIOS*, sep. 2023, doi: 10.37019.
- [11] Z. Pálya, K. Rácz, G. Nagymáté, y R. M. Kiss, «Development of a detailed canine gait analysis method for evaluating harnesses: A pilot study», *PLOS ONE*, vol. 17, n.º 3, p. e0264299, 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0264299.
- [12] D. P. Mendoza Pacheco y A. Águila Reyes, «Diseño conceptual de prótesis para extremidad posterior canina», Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Cd. Mx, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15352/Tesina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta. Pearson, 2006.
- [14] M. López y M. Garmendia, *Tema 3: Análisis estructural de mecanismos planos*. [En línea]. Disponible en: <https://ocw.ehu.eus/mod/resource/view.php?id=37482>
- [15] *Tema 5: ESTRUCTURAS Y MECANISMOS*. Gobierno de Canarias, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/edublog/iesjoaquinartil/es/wp-content/uploads/sites/289/2020/03/2oeso-b.pdf>
- [16] R. Kram y A. J. Powell, «A treadmill-mounted force platform», *J. Appl. Physiol.*, vol. 67, n.º 4, pp. 1692-1698, oct. 1989, doi: 10.1152/jappl.1989.67.4.1692.
- [17] V. Alonso, «Las 11 razas de perros más veloces», Blog de Terránea. Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blog.terraenea.es/perros-rapidos-razas-caninas-mas-veloces/>
- [18] «El peso ideal de tu perro y sus porciones de alimento | Purina». Accedido: 3 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://purina.com.mx/purina/perros/el-peso-ideal-de-tu-perro>
- [19] A. R. Stigall, B. D. Farr, M. T. Ramos, y C. M. Otto, «A Formalized Method to Acclimate Dogs to Voluntary Treadmill Locomotion at Various Speeds and Inclines», *Animals*, vol. 12, n.º 5, p. 567, 2022, doi: 10.3390/ani12050567.