



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÓTESIS PARA
EXTREMIDAD CANINA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA MECÁNICA

PRESENTA

JANETH SINDY VARGAS SÁNCHEZ

ASESOR

ING. LÁZARO MORALES ACOSTA

2014

***Con cariño a mis padres,
abuela, familia, amigos y maestros.***

Por este nuestro logro. Como una muestra de agradecimiento por toda una vida de esfuerzo y sacrificios, brindándome su apoyo incondicional en todo momento. Por haberme guiado por el camino correcto de la vida inculcándome los valores que ahora poseo, por haberme mostrado amistad incondicional y logrado hacer de mi lo que soy y muy en particular por haber convertido aquel sueño en lo que hoy en día es una realidad. ¡Lo logramos!

¡Gracias a todos!

TABLA DE CONTENIDOS	
Introducción	3
Objetivos	5
Justificación	5
CAPÍTULO 1: PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERÍA	9
1.1 Definición de Diseño en Ingeniería	9
1.1.1 Definición de proceso de diseño	9
1.2 Métodos y Modelos de Diseño	12
1.2.1 Definición de método de diseño	12
1.2.2 Definición y tipos de modelos de diseño	17
1.3 Elección de un Modelo de Diseño	22
CAPÍTULO 2: CASO DE ESTUDIO	25
2.1 Introducción al Problema	25
2.1.1 Causas de amputaciones en extremidades caninas	26
2.1.2 Soluciones actuales a las amputaciones de extremidades caninas	29
2.2 Caso Clínico a Tratar	32
2.3 Análisis de los Datos del Caso de Estudio	39
2.4 Propuestas de Solución para el Caso de Estudio	41
CAPÍTULO 3: ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN FINAL	49
3.1 Elección de la Propuesta de Solución Final	49
3.2 Desarrollo de Prototipo de la Solución Elegida	51
3.3 Validación del Prototipo	58
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN	61
4.1 Implementación de la Propuesta Final	61
4.2 Aplicación de la Propuesta Final	66
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS	69
APÉNDICE A	73
APÉNDICE B	76

Introducción

EL presente trabajo consta de cuatro capítulos en los cuales se muestra el proceso de diseño enfocado a prótesis caninas aplicando un modelo de diseño seleccionado acorde a los objetivos del mismo.

Para su realización se contó con la ayuda de Milagros Caninos, el primer santuario para perros en latino américa, en el cual se trató a Pay de limón, el sujeto de estudio para éste escrito.

El lector de primera instancia se podrá preguntar ¿Por qué diseñar una prótesis canina? Para dar respuesta a ésta pregunta hay que recordar:

“La ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas a la creación, perfeccionamiento e implementación de estructuras (tanto físicas como teóricas) para la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad”, [1].

De dicha definición podemos verificar que la intención de adquirir conocimientos de ingeniería es poder aplicarlos para resolver problemas de cualquier tipo, ahora bien, diseñar una prótesis canina nacional puede no ser uno de los mayores problemas que enfrente la sociedad hoy en día; sin embargo, no deja de ser un problema para cierto sector de la sociedad mexicana que busca adquirir una solución al mismo; éste problema también se ha presentado a nivel

mundial; países europeos han desarrollado prótesis caninas ante la creciente demanda de dicho producto, es por ello y basándose en un análisis nacional del problema que se decide presentar una solución mediante el Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina.

Para llegar a dicha solución primero se definieron términos como diseño en ingeniería, proceso de diseño y modelo de diseño, para posteriormente poder elegir el modelo más adecuado para alcanzar los objetivos del trabajo.

Una vez elegido el modelo de diseño apropiado se prosiguió a seguirlo paso a paso definiendo el problema, recopilando datos sobre éste, ordenándolos para su evaluación y obtención de especificaciones y restricciones para la solución final.

Una vez que se obtuvo una propuesta final de prototipo se realizaron pruebas de forma, se llevó a cabo la implementación de la solución, se analizaron los resultados y se obtuvieron conclusiones.

Todo éste desarrollo se muestra de forma clara y sencilla para que el lector pueda apreciar que el proceso de diseño siguiendo un modelo adecuado no es complicado y animarlo así a proponer y participar en proyectos de diseño en los cuales pueda aplicar los conocimientos obtenidos a lo largo de sus estudios en ingeniería.

Objetivos

El principal objetivo de éste trabajo es diseñar una prótesis para extremidad canina, implementarla y validar o no su funcionamiento, probándola en el caso de clínico a tratar.

Adicionalmente se pretende comprobar y documentar el proceso de diseño empleando un modelo para éste.

Justificación

El diseño e implementación de prótesis caninas nacionales ayudará a los perros en particular y, el proceso de su diseño, a los animales en general, mediante una prótesis especializada, económica y eficaz, a tener una opción que les brinde calidad de vida después de una amputación solucionando así un problema motoriz el cual les implica limitaciones, lesiones o la muerte.

Actualmente el conjunto de expertos ortesistas y protesistas está enfocado en su mayoría al beneficio de los humanos, dejando de lado el sector veterinario, específicamente en México se cuenta con pocas instituciones dedicadas a dicho ramo (dos conocidas hasta el momento), una de éstas instituciones se encuentra en Tijuana, Baja California; sin embargo,

los medios de comunicación que proporcionan para ponerse en contacto con ellos son poco accesibles, por otro lado en Coyoacán (México, D.F) se encuentra otro lugar que brinda el servicio pero como intermediario ya que en consulta toman los datos y medidas necesarias para posteriormente mandar a fabricar la prótesis a Estados Unidos; con éste proceso el costo total de dicha prótesis canina se eleva debido a los gastos de importación del producto.

Otras opciones son las clínicas de ortopedia canina que brindan servicio a nivel internacional, algunas de ellas ubicadas en España, pero se presenta de nuevo el problema económico ya que los costos del producto más el envío pueden llegar a sumar aproximadamente \$30,000.00 ó más, (483 salarios mínimos).

Ahora bien, tomando en cuenta que en el D.F habitan un millón 200 mil canes y que al menos al año 8064 de ellos requieren de una prótesis, y sumando los casos de las Organizaciones de Protección Animal de cada estado (Figura 1), que en promedio son 2 al día se habla de 80,000 casos anuales, más los que se presentan en albergues, asociaciones pro-animal y casos particulares de mascotas, se obtuvo un estimado de 100,000 casos al año, lo cual llevó aproximadamente al 1% del total de canes en México, por ello se puede considerar una oportunidad de incursionar, como otros países, en un mercado desatendido pero que demanda un nuevo producto nacional, en éste caso las prótesis caninas.

Dicha demanda se pudo estimar contactando algunas de las Organizaciones de Protección Animal del D.F y Edo. de

México, así mismo se observó a lo largo de la investigación realizada para éste trabajo, en la cual se encontraron varios casos en distintos estados de la república mexicana de personas que buscan adquirir una prótesis para su mascota.

Es por todo lo anterior que se decide realizar una propuesta de diseño para prótesis caninas tomando así una posibilidad de la infinita gama de opciones que nos brinda el diseño ingenieril para dar solución a un problema.

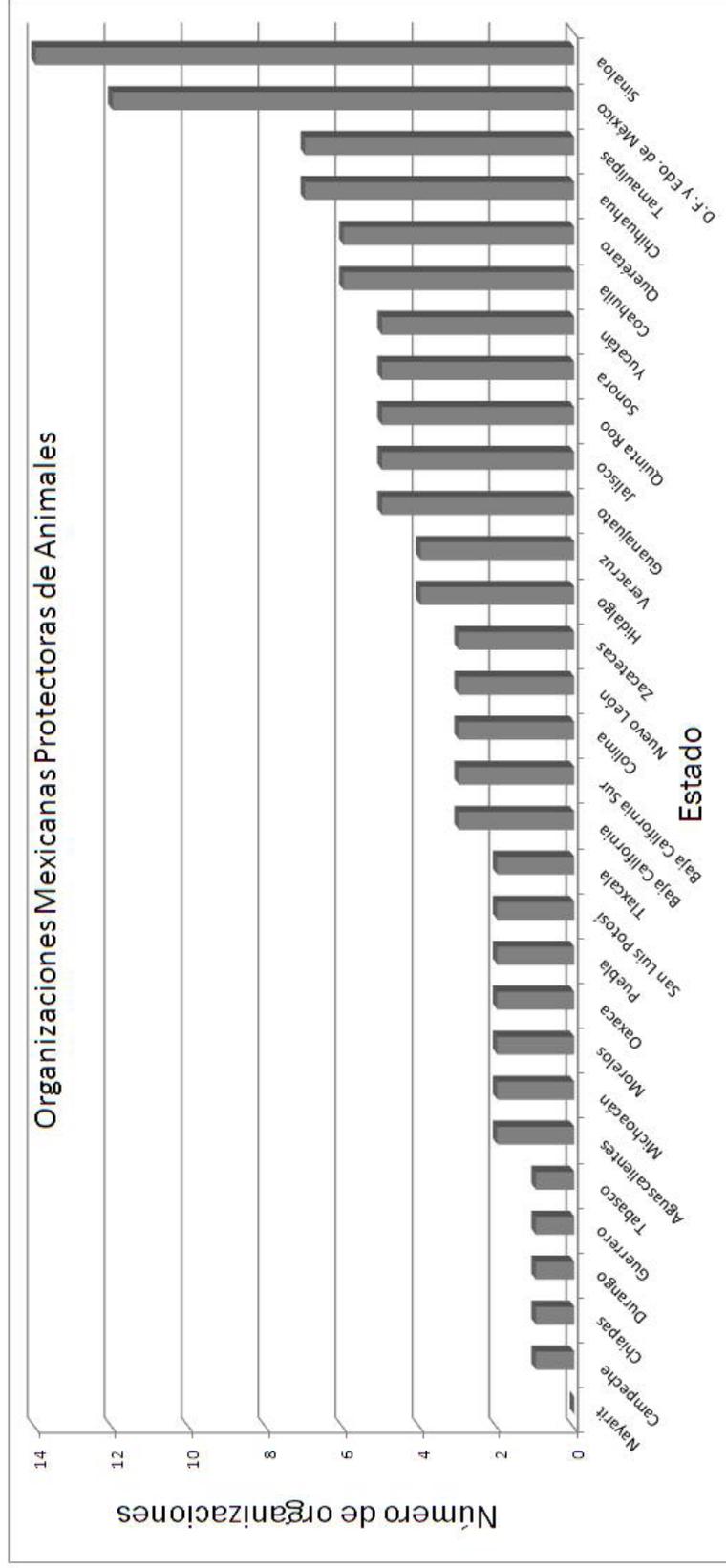


Figura 1.- Número de Organizaciones Mexicanas Protectoras de Animales por Estado

CAPÍTULO 1:

Proceso De Diseño En Ingeniería

1.1 Definición de Diseño en Ingeniería

Se define el diseño en ingeniería como la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas, [2].

Para poder comprender mejor lo anterior definiremos los siguientes términos:

- **Artefacto:** objeto hecho por el hombre, dispositivo que se diseña o crea, tangible o no (escaleras, aviones, sillas, etc. o dibujos, planos, programas).
- **Forma:** configuración geométrica del artefacto.
- **Función:** es el conjunto de cosas que el artefacto supuestamente hace.
- **Especificaciones:** descripciones precisas de las propiedades del objeto que se va a diseñar.
- **Objetivo:** algo hacia lo cual se dirige un esfuerzo, un propósito, meta o finalidad de acción.
- **Restricción:** condición, medio o fuerza que impone una “prohibición, un tope o una limitación.

Con el significado de los términos técni-

cos anteriores ahora se puede volver a escribir la definición de diseño en ingeniería:

“Diseño en ingeniería es el desarrollo organizado y pensado, y la puesta a prueba, de las características de objetos nuevos, que tienen una configuración particular o que realizan alguna o algunas funciones que satisfacen nuestros objetivos sin violar las limitaciones especificadas”, [2].

1.1.1 Definición de proceso de diseño

La norma ISO 9000 define proceso como:

“Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”, [3].

- **Procedimiento:** forma especificada para llevar a cabo una actividad o proceso.
 - **Proceso:** ¿Qué hacemos?
 - **Procedimiento:** ¿Cómo lo hacemos?

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que pueden seguirse para dar al ingeniero cierto grado de direc-

ción para la solución de problemas. Los diseñadores emplean un gran número de combinaciones de pasos y procedimientos de diseño, pero no se puede decir que halla una combinación óptima. El seguir las reglas estrictas del diseño no asegura el éxito del proyecto y aún puede inhibir al diseñador hasta el punto de restringir su libre imaginación. A pesar de esto, se cree que el proceso de diseño es un medio efectivo para proporcionar resultados organizados y útiles, [4].

Elementos y etapas del proceso de diseño

El proceso de diseño puede presentarse en múltiples lugares como las compañías que procesan alimentos (envases), en las de construcción (edificios y puentes), las automotrices o en los sistemas escolares en las instalaciones especiales para estudiantes con discapacidades ortopédicas, etc.

Dado que hay características comunes tanto en las situaciones como en las tareas se hace posible describir tanto las etapas del proceso de diseño como el contexto y los elementos que intervienen en él, [2].

En un proceso de diseño intervienen tres elementos o partes:

1. El cliente que solicita el diseño y tiene objetivos que el diseñador debe aclarar.
2. El usuario del dispositivo diseñado quien tiene sus propios requerimientos y,

3. El diseñador quien debe desarrollar especificaciones de modo que algo puede ser construido para satisfacer a todos.

Éstas tres partes en conjunto forman el triángulo Cliente-Diseñador-Usuario, (Figura.2).

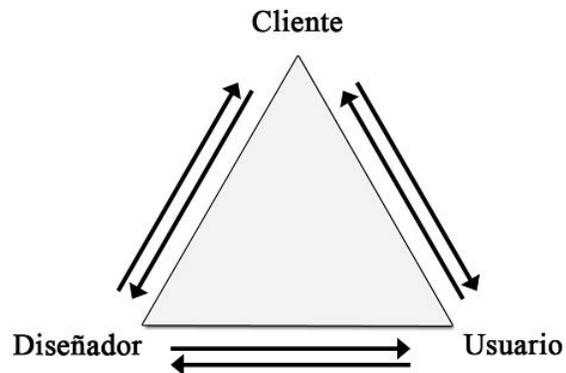


Figura 2.- Triángulo Cliente-Diseñador-Usuario, C-D-U

Por otro lado las etapas del proceso de diseño son:

Identificación del problema: Es definir claramente los objetivos para así tener una meta hacia la cual dirigir todos los esfuerzos. Definir es establecer los límites; es delimitar el problema y el alcance de la solución que está buscándose. Es indicar lo que se quiere hacer y a dónde no se quiere llegar.

Esta es la parte más importante del proceso de diseño, y se puede lograr de la siguiente manera: comprendiendo el problema, recopilando datos, analizando dichos datos, formulando el problema sintetizando de la mejor forma todo lo hallado.

Ideas preliminares: Una vez que se ha definido y establecido el problema en forma clara, es necesario recopilar ideas preliminares, que son las ideas introductorias

o base para tratar el problema. Ésta es probablemente la parte más creativa en el proceso de diseño, el diseñador puede dejar que su imaginación considere libremente cualquier idea que se le ocurra. Estas ideas no deben evaluarse en cuanto a factibilidad, con la esperanza de que una actitud positiva estimule otras ideas asociadas como una reacción en cadena. El medio más útil para el desarrollo de ideas preliminares es el dibujo a mano alzada.

Perfeccionamiento: Es el primer paso en la evaluación de las ideas preliminares y se concentra bastante en el análisis de las limitaciones. Todos los esquemas, bosquejos y notas se revisan, combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones razonables al problema.

Deben tenerse en cuenta las limitaciones y restricciones impuestas sobre el diseño final. Los bosquejos son más útiles cuando se dibujan a escala, pues a partir de ellos se pueden determinar tamaños relativos y tolerancias y, mediante la aplicación de geometría descriptiva y dibujos analíticos, se pueden encontrar longitudes, pesos, ángulos y formas.

Estas características físicas deben determinarse en las etapas preliminares del diseño, puesto que pueden afectar al diseño final.

Análisis: Es la parte del proceso de diseño que mejor se comprende en el sentido general. El análisis implica el repaso y evaluación de un diseño, en cuanto se refiere a factores humanos, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y economía dirigidos a satisfacer requisitos del diseño. Gran parte del entrenamiento formal del ingeniero se concentra en estas áreas de estudio.

A cada una de las soluciones generadas se le aplica diversos controles para confirmar si cumplen las restricciones impuestas a la solución, así como otros criterios de solución.

Aquellas que no pasan estos controles son rechazadas y solamente se dejan las que de alguna manera podrían llegar a ser soluciones viables al problema planteado.

Decisión: Es la etapa del proceso de diseño en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, en todo o en parte. Es posible desarrollar, perfeccionar y analizar varias ideas y cada una puede ofrecer ventajas sobre las otras, pero ningún proyecto es ampliamente superior a los demás.

La decisión acerca de cuál diseño será el óptimo para una necesidad específica debe determinarse mediante experiencia técnica e información real. Siempre existe el riesgo de error en cualquier decisión, pero un diseño bien elaborado estudia el problema a tal profundidad que minimiza la posibilidad de pasar por alto una consideración importante, como ocurriría en una solución improvisada.

Realización: El último paso del diseñador consiste en preparar y supervisar los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño. En algunos casos, el diseñador también supervisa e inspecciona la realización de su diseño. Al presentar su diseño para realización, debe tener en cuenta los detalles de fabricación, métodos de ensamblaje, materiales utilizados y otras especificaciones.

Durante esta etapa, el diseñador puede hacer modificaciones de poca importancia que mejoren el diseño; sin embargo,

estos cambios deben ser menores, a menos que aparezca un concepto enteramente nuevo. En este caso, el proceso de diseño debe retornar a sus etapas iniciales para que el nuevo concepto sea desarrollado, aprobado y presentado, [4].

Se han desarrollado muchos nuevos métodos para ayudar a superar las dificultades de los problemas modernos de diseño. Por ejemplo, el libro de texto Métodos de Diseño de Jones contiene la descripción de 35 métodos, [6], incluyendo los siguientes:

1.2 Métodos y Modelos de Diseño

1.2.1 Definición de método de diseño

En el contexto de diseño, en cierto sentido, cualquier forma identificable de trabajar, puede considerarse como un método de diseño. El método más común puede ser el de “diseñar dibujando”. Es decir, la mayoría de los diseñadores dependen extensamente del dibujo como su principal ayuda en el diseño.

La palabra método deriva de los vocablos griegos *metá* y *odos* que significan el camino que se sigue para alcanzar un objetivo.

El método es, literal y etimológicamente, el camino que conduce al conocimiento. Es el camino por el cual se llega a un cierto resultado en la actividad científica, inclusive cuando dicho camino no ha sido fijado por anticipado de manera deliberada y reflexiva, [5].

Los métodos de diseño son todos y cada uno de los procedimientos, técnicas, ayudas o herramientas para diseñar. Aunque algunos de los métodos de diseño pueden ser los procedimientos convencionales y normales, como el dibujo, en años recientes ha habido un crecimiento sustancial de nuevos procedimientos no convencionales que se agrupan de manera más general bajo el rubro de **métodos de diseño**, (Tabla 5).

La principal intención de estos nuevos métodos es que tratan de introducir procedimientos con un marco lógico en el proceso de diseño.

Tabla 1.- Métodos para explorar situaciones de diseño

Método	Objetivo
Planeamiento de objetivos	Identificar condiciones externas con las que el diseño debe ser compatible
Búsqueda en publicaciones	Encontrar información publicada que pueda influir favorablemente en el resultado de los diseñadores y pueda obtenerse sin costos y demoras inaceptables
Búsquedas de inconsistencias visibles	Encontrar guías que lleven a mejoras de diseño
Entrevistas a usuarios	Obtener información que sólo conocen los usuarios del producto o sistema
Cuestionarios	Recopilar información útil de los miembros de una gran población
Investigación del comportamiento del usuario	Explorar los patrones de comportamiento de los usuarios potenciales de un nuevo diseño y predecir sus límites de rendimiento
Registro y reducción de datos	Inferir y hacer visibles los patrones de comportamiento de los cuales dependen algunas decisiones críticas del diseño

Tabla 2.- Métodos de búsquedas de ideas

Método	Objetivo
Lluvia de ideas	Estimular a un grupo de personas para que presenten muchas ideas rápidamente
Sinéctica	Dirigir la actividad espontánea del cerebro y del sistema nervioso hacia la exploración y transformación de problemas de diseño
Eliminación de bloqueos mentales	Encontrar nuevas direcciones de búsquedas cuando el espacio de búsqueda aparente no ha producido una solución totalmente aceptable
Diagramas morfológicos	Ampliar el área de búsqueda de soluciones a un problema de diseño

Tabla 3.- Métodos de exploración de la estructura del problema

Método	Objetivo
Matriz de interacciones	Permitir una búsqueda sistemática de conexiones entre los elementos de un problema de diseño
Red de interacciones	Exhibir el patrón de conexiones entre los elementos de un problema de diseño
Análisis de áreas de decisión interconectadas (AIDA)	Identificar y evaluar todos los conjuntos compatibles de soluciones secundarias a un problema de diseño
Transformación del sistema	Encontrar formas de transformar un sistema insatisfactorio de manera que se eliminen sus fallas inherentes
Innovación funcional	Encontrar un diseño radicalmente nuevo capaz de crear nuevos patrones de comportamiento y demanda
Método de Alexander para la determinación de componentes	Encontrar los componentes físicos correctos de una estructura física, de tal manera que cada componente puede alterarse de forma independiente para adaptarse a cambios futuros en el ambiente
Clasificación de la información del diseño	Dividir un problema de diseño en partes manejables

Tabla 4.- Métodos de evaluación

Método	Objetivo
Listas de verificación	Permitir a los diseñadores utilizar el conocimiento de los requerimientos que se ha encontrado que son relevantes en situaciones similares
Selección de criterios	Decidir como se va a reconocer un diseño aceptable
Clasificación y ponderación	Comparar un conjunto de diseños alternativos empleando una escala común de medición
Escritura de especificaciones	Describir un resultado aceptable del diseño que está por hacerse

Al examinar los métodos anteriores, surgen dos características comunes principales. Una es que los métodos de diseño formalizan ciertos procedimientos del mismo; la otra es que exteriorizan el pensamiento. La formalización es una característica común de los métodos de diseño, debido a que buscan evitar aspectos omitidos, factores que se pasan por alto en el problema y las clases de errores que ocurren con los métodos informales, [6].

Tabla 5.- Cronología de los métodos de diseño

Autores representativos	Descripción
Asimov (1962)	Dos etapas: <ul style="list-style-type: none"> • Planeación y morfología • Diseño Detallado
Jones (1963)	La intuición y los aspectos no-rationales tienen el mismo rol que los lógicos y los procedimientos sistemáticos
Archer (1963)	Listas de chequeo (¡más de 229 items!), para verificar tres fases: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis • Creatividad • Ejecución
Alger y Hays (1964)	Énfasis en la valoración de alternativas en el proyecto
Alexander (1964)	Análisis riguroso del problema Adaptación del programa de diseño al problema específico División del problema complejo en subgrupos de problemas
Luckman (1967)	Método AIDA, tres fases: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis • Síntesis • Evaluación No son lineales sino interactivas
Levin (1966)	Caracterización de propiedades de sistemas Relación causa-efecto (controlables y no controlables)
Gugelot (1963) Burdell (1973)	Información sobre necesidades del usuario Aspectos funcionales Exploración de posibilidades funcionales Decisión Detalle: cálculo, normas, estándares Prototipo
Jones (1970)	No es un método pero expone dos tendencias: Caja negra: la parte más importante del diseño se realiza en el subconsciente del diseñador, no puede ser analizada Caja de cristal: todo el proceso se hace transparente
Jones (1971) Alexander Tudela	Contracorriente: Los métodos de diseño destruyen la estructura mental del diseñador. Se produce una abolición de la racionalidad funcional
Manuri (1974)	No es correcto proyectar sin método Indica que primero se hace un estudio sobre materiales, y procesos que alimentan la generación de ideas
Maldonado (1977) Dorfles (1977)	Deben de integrarse al proceso de diseño los factores: funcionales, simbólicos o culturales, de producción
Bonsiepe (1985)	Dos métodos: Reducción de la complejidad de Alexander Búsqueda de analogías o Sinéctica de Gordon
Quarante (1992)	Para cada problema hay un método No universalidad de métodos

Fuente: *Métodos de Diseño, Capítulo 2: Ingeniería del diseño, p. 21*

1.2.2 Definición y tipos de modelos de diseño

El modelo es la forma de representar el método, con el fin de estudiarlo y comprenderlo.

En general se entiende como modelo de diseño la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. El objetivo genérico de los modelos y métodos de diseño es establecer nuevas formas o recomendaciones que potencien la eficiencia en el diseño.

Cross clasifica los modelos de diseño en dos grupos: descriptivos y prescriptivos.

Descriptivos: Los modelos descriptivos muestran una secuencia de actividades para el diseño, dentro de estos modelos se puede mencionar el modelo básico y el de French.

El modelo descriptivo lineal del diseño permite identificar las fases más comúnmente aceptadas: diseño conceptual, preliminar y detallado, (Figura 3).

En la primera fase se buscan conceptos o principios de solución al problema analizándolo y sintetizando varias posibles soluciones y evaluándolas respecto a las restricciones, es la etapa que demanda mayor abstracción y creatividad por parte del diseñador.

En la fase dos se concreta una solución al problema obteniendo formas específicas, materiales propuestos y planos que representan al producto como un conjunto organizado de piezas.

La fase tres corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la producción del producto-solución, se elaboran planos de detalle, se determinan las etapas de fabricación, se identifican proveedores, etc.

En esencia existe un acuerdo en la predominancia de éstas tres fases, aunque hay modelos descriptivos más elaborados como el de French.

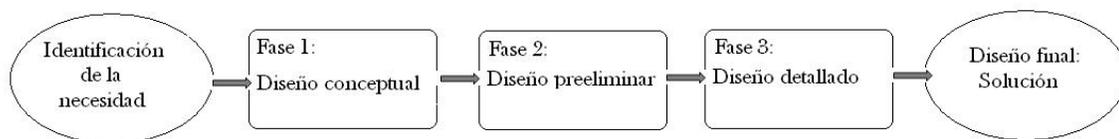


Figura 3.- Modelo descriptivo lineal del diseño

Prescriptivos: Estos modelos además de prescribir, dan pautas para desarrollar cada una de las fases y etapas del proceso de diseño. En esta categoría existen una gran cantidad de propuestas siendo las más conocidas las de Archer, VDI21, March, Pugh y Pahl y Beitz, [6].

Modelo de diseño Archer: El modelo de Archer, [6], consta de listas de comprobación que determinan el proceso de diseño. El proceso de diseño debe contener fundamentalmente las etapas analítica, creativa y de ejecución. A su vez estas etapas se subdividen en las siguientes fases (Figura 4):

- Definición del problema.
- Obtener datos, preparar especificaciones y retroalimentar la fase uno.
- Análisis y síntesis de los datos para preparar propuestas de diseño.
- Desarrollo de prototipos.
- Preparar estudios y experimentos que validen el diseño.
- Preparar documentos para la producción.

La fundamentación de las ideas de Archer pertenece al método científico. Los métodos de Archer y Asimov tuvieron un gran calado entre los profesionales.

Etapas y fases del método de diseño de Bruce Archer

Etapa analítica: En ésta etapa se hace la recopilación de datos, su ordenamiento, la evaluación, la definición de condicionantes, estructuración y jerarquización.

Fase 1: Definir el problema

Fase 2: Obtener datos, preparar especificaciones y retroalimentar la fase uno.

Etapa creativa: Se analizan las implicaciones, se formulan ideas rectoras, toma de partido o idea básica, formalización de idea y verificación.

Fase 3: Análisis y síntesis de los datos para preparar propuestas de diseño.

Etapa ejecutiva: En ésta etapa se valora, crítica, ajusta la idea, su desarrollo, proceso iterativo y la materialización.

Fase 4: Desarrollo de prototipos.

Fase 5: Proponer estudios y experimentos que validen el diseño.

Fase 6: Preparar documentos para la producción.

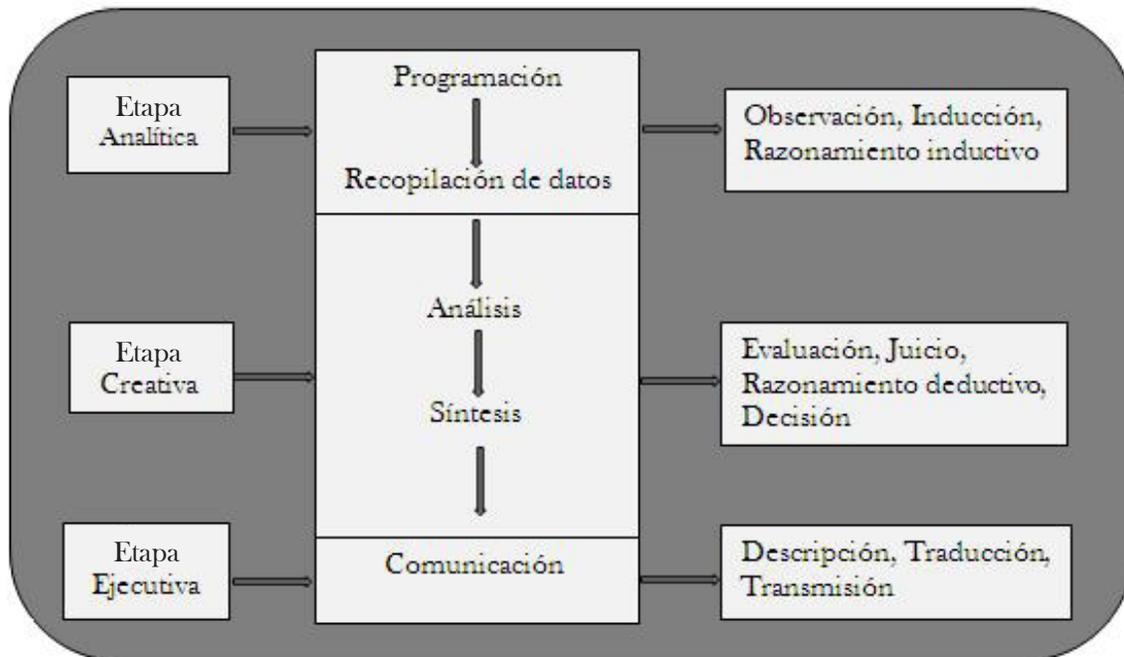


Figura 4.- Modelo de diseño de Archer

Modelo de diseño de S. Pugh: Pugh concibe el diseño como una actividad integral en la cual profesionales de diversas áreas del conocimiento interactúan dependiendo de la naturaleza del producto a diseñar.

Para Pugh el diseño total está constituido por un núcleo central de actividades independientes, indispensables e interactivas, influenciada por factores tecnológicos y no tecnológicos. El núcleo central está integrado por las etapas de detección de las necesidades del mercado, con las cuales se elaboran las especificaciones de diseño del producto, el diseño conceptual, el diseño de detalles, la fabricación y venta del producto, (Figura 5).

La necesidad del mercado es la etapa inicial del esquema de Pugh, al ser satis-

fechas el producto estará adaptado a un mercado existente o generará uno propio. Basado en estas necesidades se procede a la elaboración de las especificaciones de diseño, las cuales controlan y limitan las siguientes actividades del diseño total, y deben ser entendidas como la base de referencia a las cuales se debe tratar de ajustar lo más posible el resultado final.

Luego de elaborar las especificaciones de diseño, comienza la etapa de diseño conceptual, la cual se divide en dos etapas cíclicas diferenciadas:

- La generación de soluciones para satisfacer la necesidad requerida.
- La evaluación de estas soluciones para seleccionar la más conveniente para satisfacer las especificaciones de diseño.

El autor plantea como requerimientos para obtener un máximo nivel de calidad en esta fase conceptual, los siguientes principios:

- Generar ideas teniendo siempre presente las especificaciones de diseño, no de modo aleatorio.
- Los medios para transmitir estas ideas, dibujos, documentos, modelos...deben ser claros para todos los componentes del equipo de diseño.
- La generación de ideas y conceptos deben ser analizados en grupo.
- No empezar a seleccionar o descartar ideas hasta terminar la fase de generación.
- Generación de criterios de evaluación en grupo, a partir de las Especificaciones de Diseño.
- Descartar la intuición profesional como medio de selección.
- Emplear una metodología de selección, que no inhiba la creatividad durante el proceso de selección y, a su vez, estimule la aparición de nuevos conceptos que podrían no haber surgido de otro modo.

El diseño de detalles es la etapa siguiente dentro del proceso de diseño, en esta etapa Pugh recomienda seguir los siguientes principios, entre otros:

- Llevar a cabo el diseño de detalles refiriéndose siempre a la etapa previa de diseño conceptual.

- Deben tomarse en cuenta la interacción existente entre las diferentes áreas que intervienen en el diseño junto con las respectivas restricciones.
- El componente más simple y barato no siempre es el más económico dentro del conjunto de diseño.
- La reducción en la cantidad de componentes generalmente conduce a reducciones de tiempos y costos de productos.
- Es conveniente diseñar pensando en la fabricación, el ensamblaje y el reciclado de las partes.
- La simplicidad en el diseño debe ser una tendencia, ello facilitará la fabricación y el ensamblaje.
- Es conveniente reducir el número de piezas y funciones.
- Es recomendable la utilización de piezas estándar, ya que, reduce costos de fabricación.

La siguiente etapa es la manufactura del producto, en la que destacan dos aspectos fundamentales a tomar en cuenta, a saber, el diseño para el ensamblaje y el diseño para la producción de las piezas. Evidentemente estos factores están íntimamente relacionados con los procesos productivos adecuados y los diferentes métodos de ensamblajes disponibles.

La última etapa que considera Pugh en su núcleo central, es la relacionada con la venta del producto, donde se consideran los aspectos concernientes a las necesidades del usuario, tomadas en cuenta en

las primeras etapas, en concordancia con el producto obtenido y los canales de distribución, mercadeo y ventas, [8].

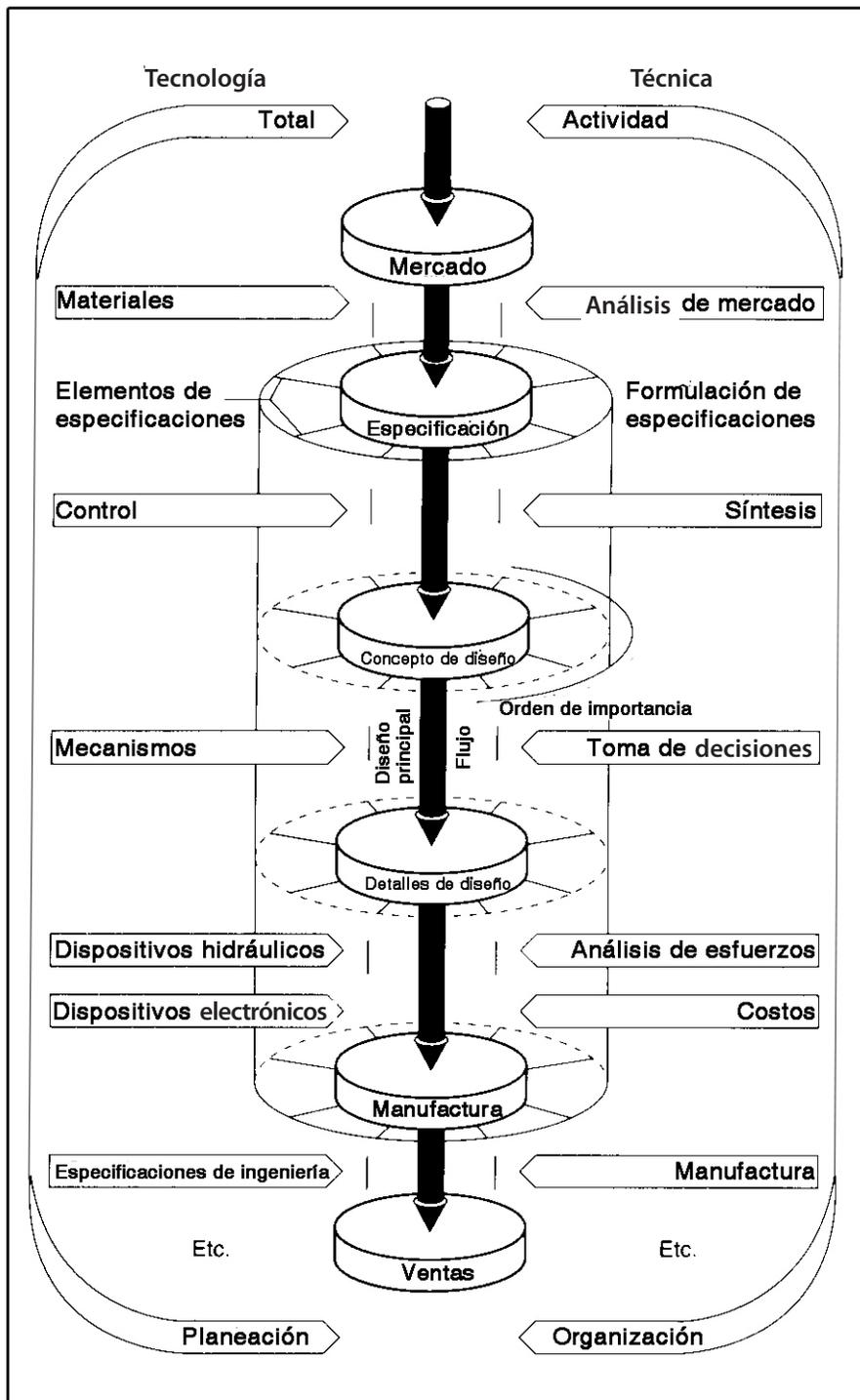


Figura 5- Modelo de S. Pugh

Modelo de diseño de Pahl y Beitz: Pahl y Beitz, [6], dividen su método en un número de fases amplias, cada una con un conjunto de pasos básicos, (Figura 6):

1. Clarificar la tarea y construir especificaciones y requisitos: Recopilar información acerca de los requerimientos que deben incorporarse en la solución y también acerca de las restricciones
2. Diseño conceptual: Establecer estructuras funcionales, buscar principios de solución apropiados, combinarlos en variantes de conceptos.
3. Diseño para dar forma o realización: Partiendo del concepto, el diseñador determina el arreglo y las formas, y desarrolla un producto técnico o sistema de acuerdo con las consideraciones técnicas y económicas.
4. Diseño de detalles: Finalmente se plantea o se desarrollan el arreglo, la forma, las dimensiones y las propiedades superficiales de todas las partes individuales; se especifican los materiales; se vuelven a verificar los aspectos técnicos y la factibilidad económica; se preparan todos los dibujos y otros documentos para la producción.

El empleo de cualquier método particular durante el proceso de diseño da la apariencia de desviar esfuerzos de la tarea central. Sin embargo, ésta es precisamente la importancia de utilizar un método, implica reflexionar un poco sobre la forma en que se está abordando el problema. Requiere cierto pensamiento estratégico acerca del proceso de diseño.

1.3 Elección de un Modelo de Diseño

Un modelo de diseño describe el plan general de acción para un proyecto de diseño y la secuencia de las actividades particulares (es decir, las tácticas o métodos de diseño) que el diseñador o el equipo de diseño esperan seguir para llevar a cabo el plan.

Para elegir el modelo de diseño que mejor se adapta a éste trabajo de tesis se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- a) El número de personas involucradas en el proyecto de diseño, ya que este proyecto es individual el modelo a seguir debe apegarse a una sola persona.
- b) El fin comercial del producto a diseñar, el cual es secundario ya que el producto diseñado debe dar solución a un caso específico, dejando opción a una posible comercialización posterior y no lo contrario.
- c) El número de fases y etapas del modelo de diseño deben ser las menos posibles para facilitar una primer experiencia en el diseño de productos.
- d) Tiempo para el proyecto de diseño, ya que el tiempo para éste proyecto es relativamente corto por su naturaleza.
- e) Experiencia en el proceso de diseño, el modelo a elegir debe ser fácilmente aplicable en una primer experiencia de diseño.

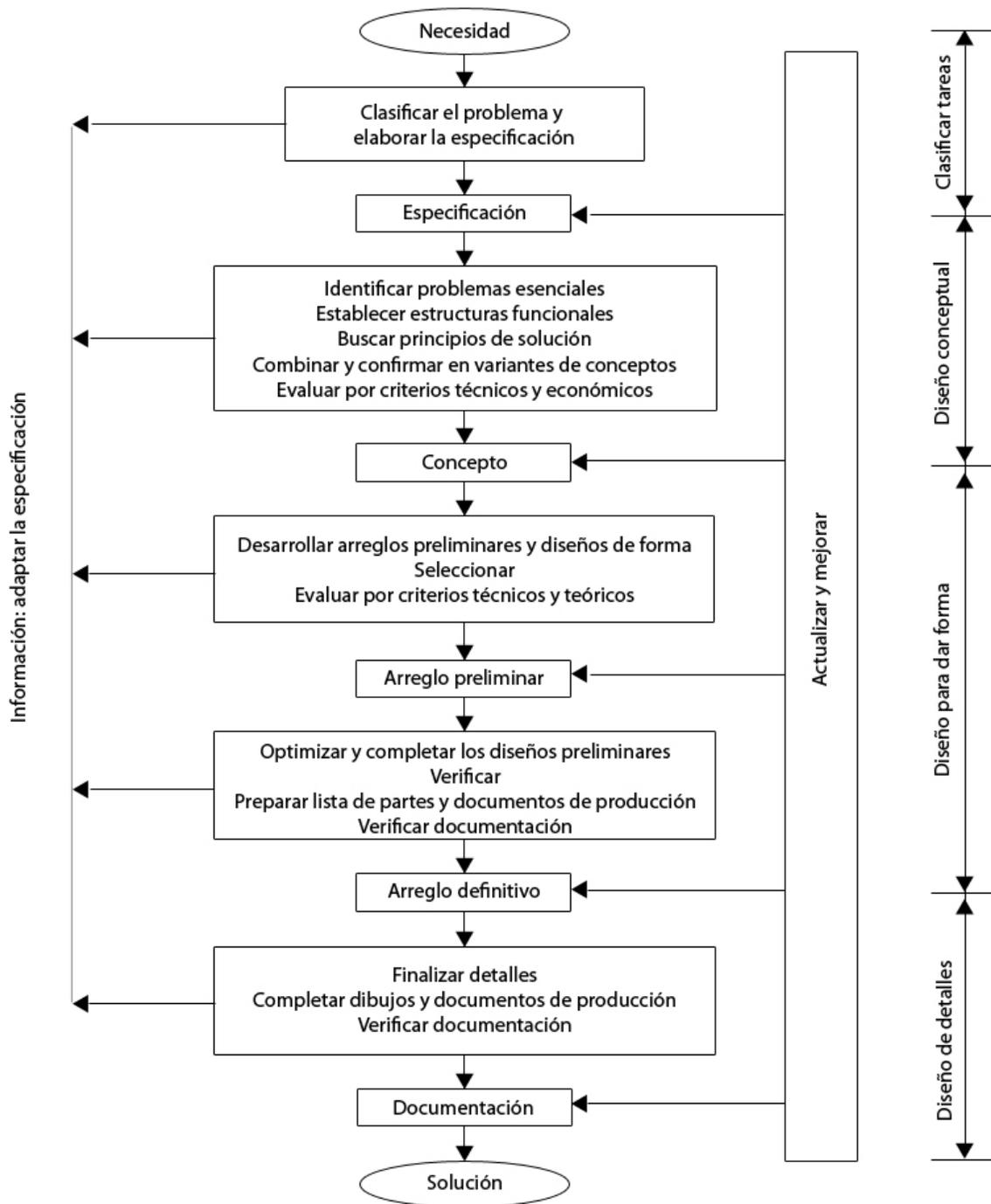


Figura 6.- Modelo de Pahl y Beitz

Puntuaciones dadas a cada punto según el modelo de diseño propuesto:

1 = No cumple con el punto; Malo

2 = Cubre medianamente con el punto; Regular

3 = Cumple con el punto; Bueno

Matriz de decisión para elegir el modelo de diseño adecuado

	a) Número de personas para el proyecto de diseño (1)	b) Fin comercial del producto a diseñar	c) Claridad de etapas y fases	d) Tiempo para el proyecto de diseño	e) Experiencia en el proceso de diseño	Puntuación final
Archer	3	2	3	2	2	12
Pugh	1	3	1	1	2	8
Phal y Beitz	3	2	1	1	2	9

Con base a la matriz anterior se aprecia que el modelo de Archer es el que más se adecua para la realización de éste trabajo, ya que se considera que el modelo de Pugh es demasiado minucioso y dirigido a un producto final que pretende salir a un mercado de consumo grande y a la vez desarrollado por un equipo de diseñadores que intervienen en sus diferentes etapas; el de Phal y Beitz muestra etapas no muy detalladas, por lo que no es del todo adecuado; mientras que el modelo de Archer da un camino sencillo y claro sin ser por ello menos eficaz, y es aplicable a una sola persona encargada de diseñar el producto final esperado.

CAPÍTULO 2:

Caso De Estudio

2.1 Introducción al Problema

El perro es uno de los animales domésticos más antiguos del mundo y el mejor amigo del hombre. Su domesticación comienza cuando apenas era un pariente salvaje de los actuales lobos, existiendo pruebas arqueológicas que confirman su existencia como animal doméstico aproximadamente desde hace 14,000 años, [9].

En la actualidad se estima que en el mundo, se cuenta con siete mil millones de humanos, existen entre 1500 y dos mil millones de canes, contando todas las razas domésticas. El dato de estimación es fijado por la Organización Mundial de la Salud en un perro por cada cinco habitantes en países desarrollados y dos perros por cada cinco habitantes en países subdesarrollados, [10].

El humano poco a poco ha ido reconociendo el valor que ocupa una mascota en casa y los beneficios de compañía, amor y fidelidad, valores muy importantes en la sociedad. Debido a esto la cultura de protección a los animales va en continuo crecimiento.

Tomando datos más específicos al presente trabajo hoy en día en México se estima que hay 19 millones de mascotas, 12 millones de perros y siete millones de gatos. En el D.F. hay un millón 200 mil perros, 120 mil en situación de calle, [11].

De acuerdo a la información proporcionada por algunas de las organizaciones mexicanas protectoras de animales y algunos albergues, se presentan al menos dos casos diarios de canes con lesiones por traumatismo o enfermedad que pierden la movilidad o una extremidad, tomando en cuenta que dichas asociaciones registradas son al menos 10 para el D.F y Edo. de México se estimaría un total de 6,720 casos al año, sólo en dichas organizaciones más los casos de albergues, pequeños grupos pro-animales y casos particulares de mascotas.

Al consultar las opciones ante estos casos los Médicos Veterinarios Zootecnistas refieren que se puede amputar la extremidad expuesta al traumatismo o enfermedad y si el dueño cree que la convivencia, uso o vida con su can no será la misma se sugiere dormir al perro en cuestión.

Tomando en cuenta que si bien la amputación representa una oportunidad de seguir viviendo y que un perro puede adaptarse y andar en tres patas sus movimientos se verán afectados así como su balance interno ya que al redistribuir su peso no sólo las tres extremidades restantes deben asumir una nueva carga sino también los órganos internos sufren de una nueva compresión debida a la redistribución de cargas corporales. En casos de perros de patas cortas

o de razas muy grandes puede que dicho equilibrio no se alcance o no sea del todo adecuado y es por ello que en algunos casos se prefiere dormirlos al no tener otra alternativa que pueda ayudar a lograr un nuevo equilibrio.

Ante ésta situación, en otros países, dueños e instituciones han buscado y encontrado el modo de ofrecer a los canes una oportunidad, no sólo de seguir viviendo sino de hacerlo con el confort y la dignidad que vivir merece y es por ésta razón que han desarrollado prótesis caninas las cuales ayudan a mejorar su calidad de vida, claro que en México dicha opción es limitada por el servicio que es escaso y por los costos del mismo.

Sin embargo, a pesar de lo que pudiera parecer hay muchas personas dispuestas a brindarle al llamado “mejor amigo del hombre” la oportunidad de una vida digna y confortable.

Consultando en la red se encuentran casos de personas que buscan un lugar donde poder comprar una prótesis para su perro y se encuentran con el problema de la difusión, ubicación y costos de los lugares que ofrecen dicho servicio o bien no encuentran dichos lugares.

Con éstos resultados se demuestra que el campo ortopédico canino en México tiene un mercado prometedor y que tanto organizaciones como particulares están dispuestos a apoyar y adquirir prótesis para los canes que las necesitan.

A continuación se muestra un panorama más específico sobre las

causas que conllevan a una amputación así como las soluciones ofrecidas a nivel nacional e internacional.

2.1.1 Causas de amputaciones en extremidades caninas

En primer lugar hay que decir que la amputación se debe de considerar como un método de salvamento, y excepto en algunas ocasiones debe de ser indicada cuando no exista otra alternativa para salvar el miembro, [12].

Algunas de las principales causas por las que se recurre a la amputación son:

Neoplasias no extirpables: masa o tumor anormal en el tejido, un claro ejemplo son los osteosarcomas no solo por la escasa probabilidad de restablecer el funcionamiento del miembro afectado sino por lo comprometida que se ve la supervivencia del individuo, (Figura 7).



Figura 7.- Casos de neoplasias óseas-oncológicas

Necrosis Isquémica: muerte del tejido causada por interrupción de la irrigación sanguínea por oclusión vascular irreparable, (Figura 8).



Figura 8.- Casos tempranos de necrosis

Osteomielitis crónica: infección crónica del hueso (Figura 9). Es, generalmente, una secuela provocada por vía directa (fracturas expuestas, cirugía ósea infectada).



Figura 9.- Casos de osteomielitis crónica canina

Parálisis o lesiones neurológicas: pérdida o el desgarro por traumatismo del plexo branquial o contractura del cuádriceps, (Figura 10).



Figura 10.- Parálisis y lesiones neurológicas en una o dos extremidades

Deformaciones congénitas del miembro, (Figura 11):



Figura 11.- Deformaciones congénitas en extremidades anteriores

Consideraciones biomecánicas

En los pequeños animales se realiza la amputación alta de la extremidad, ya que no hay opción al uso de prótesis ortopédica o al menos las opciones son limitadas y, además, si el miembro amputado queda excesivamente largo el animal pretenderá apoyarse sobre él mientras se adapta a su nueva condición y esto provocará lesiones crónicas sobre el muñón y heridas difíciles de tratar.

Es de suma importancia el estudio previo a la amputación de la capacidad del animal para adaptarse a su futura incapacidad. No todos los perros son buenos candidatos a la amputación de una extremidad. Debemos tener en cuenta el peso corporal, la constitución del animal y las proporciones de la raza. Los perros de talla mediana a pequeña y de constitución normal, se adaptan bien, pero los perros de cuerpo alargado y patas cortas (Basset Hound, Dachshund, Bull Dog in-

glés y francés, teckels, etc) tienen una capacidad limitada para cambiar su centro de gravedad y pasan grandes dificultades al caminar en tres patas, (Figura 12).

Para perros de razas de grandes a gigantes, el exceso de peso puede ser un factor limitante, sobretodo en amputaciones del miembro torácico.

Por otra parte, el dueño debe de conocer perfectamente las consecuencias de la intervención, tanto del punto de vista estético y funcional; y debe de adaptarse a las nuevas condiciones biomecánicas de su mascota.

A veces resulta complicado convencer al dueño de la mascota de que la amputación es la solución más acertada al problema. Por supuesto deben de

respetarse las emociones y los deseos del dueño ya que la última decisión corresponde a éste mismo. No obstante el veterinario tiene la responsabilidad de valorar de forma adecuada la alteración del paciente y comunicarle al dueño claramente la o las soluciones que se plantean. Sólo entonces el dueño puede tomar una decisión razonable.

En general los resultados de la amputación suelen ser bastante satisfactorios, y se debe considerar como una alternativa viable en aquellos casos en los que el factor económico es un aspecto significativo, ya que suele ser el punto final de largos tratamientos tediosos y costosos o representar una alternativa a ellos, [12].



Figura 12.- Algunas razas condrodistróficas (con huesos cortos en las patas)

2.1.2 Soluciones actuales ante amputaciones de extremidades caninas

Actualmente se cuentan con pocas opciones para lidiar con una mascota amputada, los dueños quisieran brindarle apoyo no sólo emocional sino también material como las prótesis para perros, ante ésta situación se encuentran con un nuevo problema, ¿Dónde conseguir una prótesis canina?

Hoy en día el rededor del mundo hay algunas opciones para nuestros amigos caninos la mayoría de ellas son extranjeras y han surgido de la preocupación de dueños y veterinarios por ayudar a los canes en problemas, a continuación se presentan unas de las prótesis caninas que se conocen actualmente:

El caso de Naki'o un perro mestizo de Nebrasca hasido muyconocido ya que éstecan

a temprana edad (cuatro meses) perdió parte de sus cuatro extremidades, (Figura 13), fue rescatado por Christie Pace y gracias a las prótesis fabricadas por la compañía estadounidense de rehabilitación para perros Orthopets, Naki'o se convirtió en el primer perro del mundo, con cuatro patas artificiales que le ayudan a desplazarse con comodidad, [13].



Figura 13.- Naki'o y sus cuatro prótesis

Éste caso fue resuelto por la compañía estadounidense Orthopets que ofrece todo tipo de ortesis, prótesis y aparatos de rehabilitación en general, (Figura 14 y 15), los costos de sus prótesis oscilan, según su página de Internet, entre los 600 US\$ (\$7,791.00 M.N.) y 800 US\$ (\$10,388.00 M.N.) y su programa de rehabilitación se valora en 1200 US\$ (\$15,582.00 M.N.). Hay que tomar en cuenta que si no se vive en E.U. a estos precios hay que sumar los gastos de envío que les corresponden de acuerdo a la compañía de paquetería que se prefiera, [14].



Figura 14 y 15.- Algunas prótesis ofrecidas por Orthopets para extremidades posteriores y anteriores

Empresas similares se encuentran en España como es OrtoCanis que desde el 2009 ha incursionado en el mercado de la ortopedia canina ofreciendo sillas de ruedas, rehabilitación, electroterapia, complementos nutricionales, accesorios y en lo que compete a éste trabajo ortesis caninas a media las cuales oscilan desde los 300€ (\$5,382.00 M.N.) y los 1313 € (\$23,626.00 M.N.) más gastos de envío y complementarios; y esto es en ortesis si habláramos de prótesis los precios se elevarían aún más, [15].

Otra empresa del ramo es Ortopedia Canina la cual también realiza envíos a todo el mundo y ofrece servicios como sillas de ruedas, fisioterapia de rehabilitación, aparatos de electroterapia, complementos y accesorios así como aparatos de ortopedia ligera como arneses, férulas y ortesis, soportes y protectores, botas y botines, ortesis a la medida y prótesis, (Figura 16 y 17). Cabe mencionar que como ambas empresas colaboran entre sí sus precios son los mismos en cuanto a las ortesis y el precio de las prótesis se designa según sea el caso particular que las requiera, en este sentido Ortopedia Canina en su página de internet muestra dos tipos de prótesis la compacta y la articulada, [16].

En México las opciones son limitadas ya que en muy pocos lugares se ofrece el servicio de ortopedia canina en especial al referirnos a ortesis y prótesis, en la investigación realizada para éste trabajo se encontraron dos lugares que ofrecen abiertamente el servicio en sus páginas de internet, una es la Clínica para Animales Dr. Rivera en Tijuana la cual ofrece todos los servicios de una clínica veterinaria común con el plus de tener instrumental de vanguardia y entre sus servicios adicionales cuenta con el departamento de ortopedia y traumatología en el que se ofrecen ortesis y prótesis según se requieran, (Figura 18), sin embargo, no cuentan con una lista de precios visible al público y su medio de contacto es vía telefónica directo a Tijuana o en su defecto llenando un formato que muestran en su página solicitando información pero por la experiencia que se tuvo al solicitar dicha información sobre costos y procesos se concluyó que no es recomendable ya que no hubo respuesta, así que la opción que dejan a las personas interesadas es llamar directo a la clínica lo cual hace menos efectiva la comunicación y la adquisición de sus productos, [17].



Figura 16:- Prótesis canina compacta ofrecida por Ortopedia Canina



Figura 17:- Prótesis articulada ofrecida por Ortopedia Canina

Por otro lado en el D.F podemos encontrar el Hospital Veterinario de Especialidades Bruselas, S.C. el cual desde 1997 brinda los servicios pertinentes a un hospital veterinario con equipo de primer nivel, éste hospital ubicado en Coyoacán, Méxio,D.F., ofrece el servicio de cirugía ortopédica y prótesis a la medida, la desventaja de dicho hospital es que si bien ofrecen el servicio su costo de consulta inicial para valoración es de \$520.00 M.N. y si el paciente es apto para el proceso se le toman medidas y moldes los cuales se mandan, por la información que se obtuvo al llamar, a una de las dos clínicas estadounidenses con las que se tienen convenios, esto implica que al no ser de fabricación nacional los costos se eleven ya que prácticamente se recurre a un intermediario para la compra de una prótesis canina, [18].



Figura 18:- Prótesis ofrecida por la Clínica para Animales Dr. Rivera

Entre los problemas que se encontraron a nivel nacional es la falta del servicio tal cual, la poca difusión de los lugares que sí lo ofrecen y sobre todo los costos ya que con la economía actual las personas interesadas en obtener una prótesis cani-

na buscan una opción económica, de fabricación nacional y de fácil adquisición.

2.2 Caso Clínico a Tratar

Una vez analizadas las causas de las amputaciones caninas así como sus posibles soluciones se procederá a presentar el caso en específico a tratar en éste trabajo.

El caso que compete a éste escrito es el de Pay de Limón un perro mestizo de aproximadamente dos años y medio de edad y 48 kg de masa, o 470.4 N de peso, el cuál radicaba al norte de la república mexicana hasta que fue rescatado por el equipo de Milagros Caninos, el primer santuario para perros en Latinoamérica.

Dicho equipo intervino tras un reporte de maltrato, al llegar al lugar se encontraron con dicho can el cual se trasladó para recibir apoyo veterinario.

Pay se sobrepuso a dicho maltrato pero la pérdida de la parte inferior de sus extremidades anteriores le dificultaba la marcha, ya que, al tratar de apoyarse sobre sus muñones éstos volvían a abrirse y con el tiempo presentaron deformidades que había que corregir para que no se hicieran permanentes.

Al ver las condiciones de Pay de Limón se tomó la decisión de buscar la forma de apoyarlo y obtener unas prótesis que le ayudaran a recuperar su postura original y le facilitaran el andar.

Para comenzar se tomaron las medidas zoométricas, (Figura 19), del can en cuestión, para posteriormente ser analizadas.

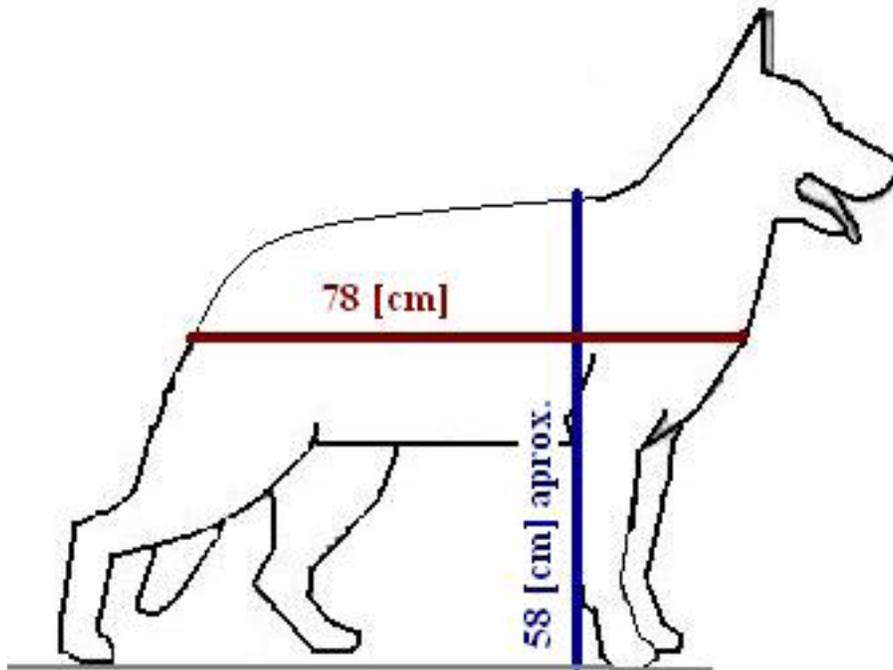


Figura 19.- Medidas Zoométricas de Pay de Limón

Dichas medidas serán necesarias para un análisis de fuerzas posterior, (Figura 20), y se definen de la siguiente manera:

Altura a la cruz: altura del perro estando parado y recto desde el suelo hasta la cruz.

Cruz: Es el punto más elevado de los omóplatos o escápulas un poco después de donde acaba el cuello. Es el punto de cruce entre una horizontal, constituida por la columna vertebral y una, y una vertical constituida por las patas delanteras.

Longitud del tronco: es la distancia entre la cruz hasta el inicio de la cola. Sin tener en cuenta el largo de la cabeza, del cuello ni de la cola, [19].

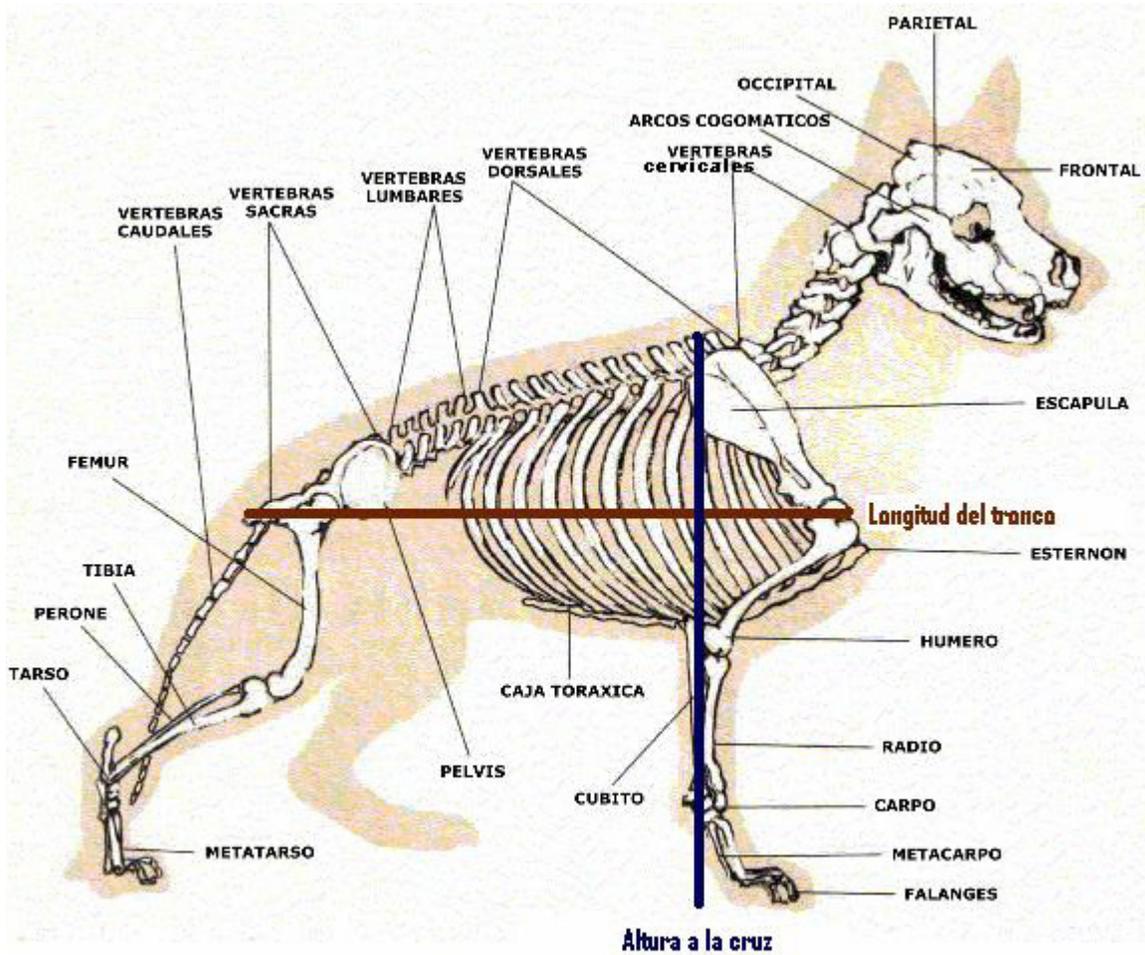


Figura 20.- Altura a la cruz y longitud del tronco con referencia al esqueleto canino

También se tomaron fotos de distintos ángulos de las extremidades de Pay de Limón donde se puede apreciar la forma en que se recarga sobre sus muñones causando deformidad, (Figuras 21- 26).



Figura 21.- En la primera foto se observa la extremidad anterior derecha con una callosidad y la uña del quinto dedo. En la segunda se puede ver la extremidad anterior izquierda



Figura 22.- En la foto de la izquierda se muestra parte del quinto dedo con uña que se salvó de la amputación, en la otra se ve que la amputación del metacarpo fue más alta no conservando ninguna falange



Figura 23.- En ambas fotos se puede apreciar la falta de almohadillas debida a las amputaciones y como ello afecta el equilibrio de Pay de limón ya que no puede mantenerse parado correctamente y mucho menos andar



Figura 24.- En estas fotos se puede ver como Pay de limón se apoya sobre los muñones



Figura 25.- Aquí se puede observar la deformación de la extremidad anterior derecha al apoyarse sobre el muñón



Figura 26.- Fotos de los muñones de ambas extremidades anteriores

Como se puede ver en ambas extremidades anteriores faltan las almohadillas plantares y digitales que recubren la cara inferior de los dedos, (Figura 27 y 28), y que se constituyen a partir de la piel en la que se engruesa enormemente la epidermis queratinizándose para darles una gran resistencia. En el interior de la almohadilla existe un tejido de tipo esponjoso y con un gran depósito de grasa que le confiere la necesaria elasticidad

para absorber los golpes. La estructura es la de un auténtico zapato deportivo, con una suela fuerte, adherente, y una cámara amortiguadora de los golpes. Por otra parte reciben también un nutrido grupo de terminaciones nerviosas que les confieren una gran sensibilidad táctil y además poseen un gran número de glándulas sudoríparas con la misión de marcar olfativamente los lugares por donde transita el animal, [20].

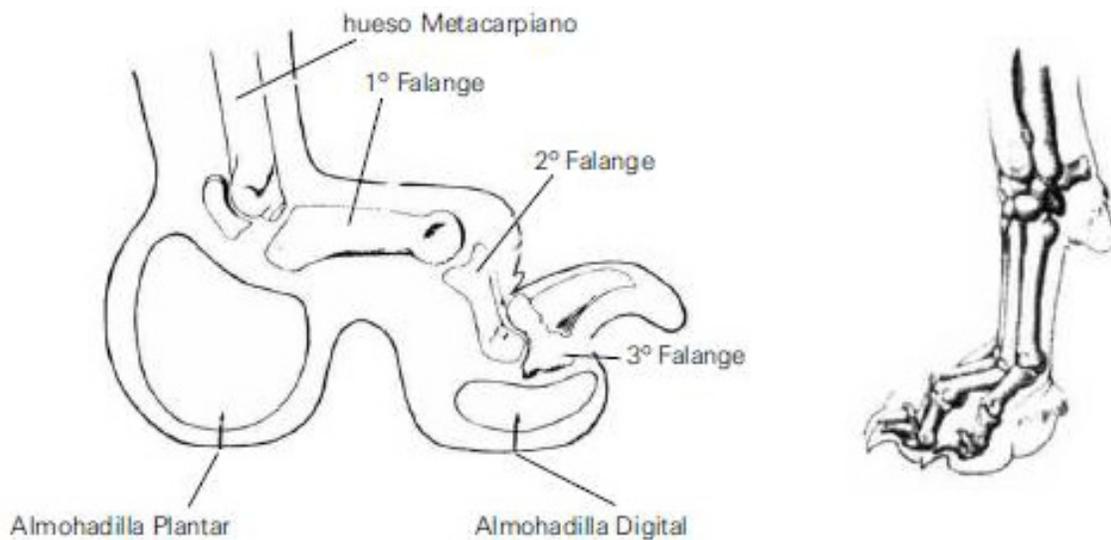


Figura 27.- Almohadillas plantares y digitales de los perros



Figura 28.- En éstas imágenes se pueden apreciar los dedos, las uñas y las almohadillas plantares y digitales en las extremidades anteriores de un can

También se pudo observar las radiografías de ambas extremidades para tener una idea clara del grado de la amputación ya que el alto de la misma es distinta

para cada una de ellas, a continuación se muestra la anatomía ósea normal de un can para poder compararla con las radiografías de Pay de Limón, (Figuras 29 – 31).

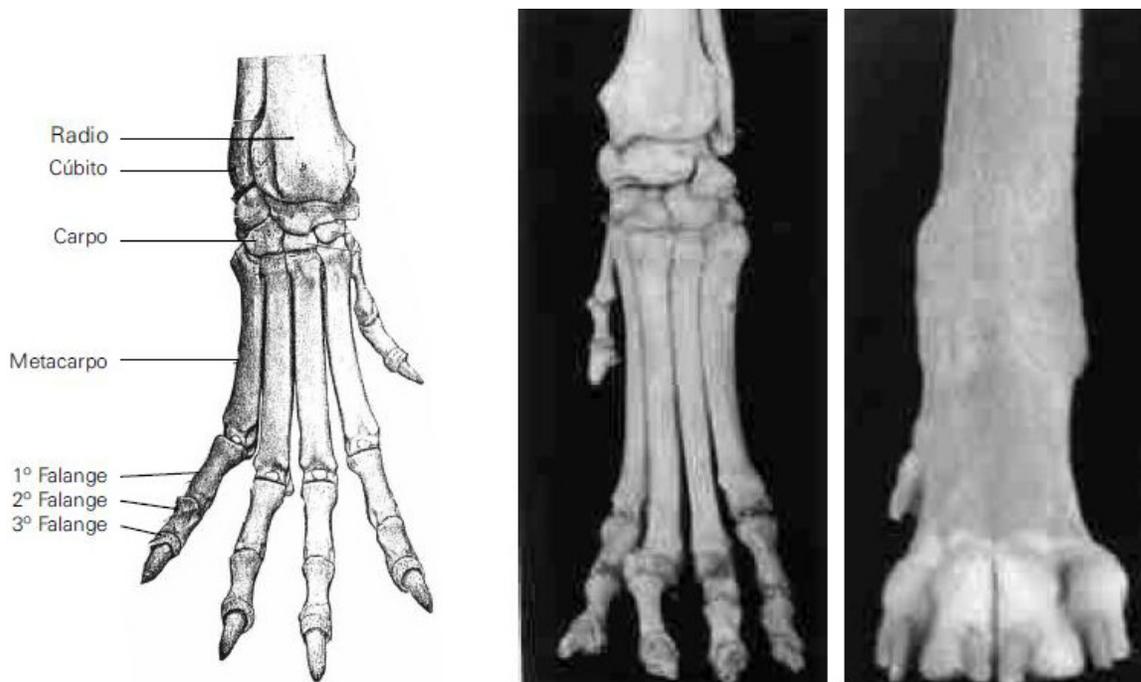


Figura 29.- Anatomía ósea inferior de una extremidad anterior canina



Figura 30.- Radiografías de la extremidad anterior derecha de Pay de limón



Figura 31.- Radiografías de la extremidad anterior izquierda de Pay de limón

Al comparar las radiografías de ambas extremidades del can en cuestión con la figura 30, se puede observar que la extremidad derecha conserva la mayor parte del metacarpo y el quinto dedo mientras que en la izquierda el metacarpo y todas las falanges se han perdido en su totalidad.

Dichas diferencias hacen un notorio desequilibrio delantero marcado hacia la izquierda de Pay de limón, lo cual es un factor importante a considerar en el diseño de las prótesis.

2.3 Análisis de los Datos del Caso de Estudio

Para obtener la carga que deben soportar las prótesis que requiere se realizó un cálculo basado en el centro de gravedad,

ya que la distribución de la carga sobre los miembros está relacionada con éste, (Figura 32), teóricamente, el 60% del peso corporal del animal cuadrúpedo corresponde a la parte anterior del animal (debido al peso de la cabeza), y el 40% a la posterior, [21].

Tomando en cuenta que Pay de limón pesa 470.4 N se tiene:

- 60% (470.4 N)= 282.24 N entonces cada extremidad anterior soportaría 141.12 N
- 40% (470.4 N)= 188.16 N entonces cada extremidad posterior soportaría 94.08 N

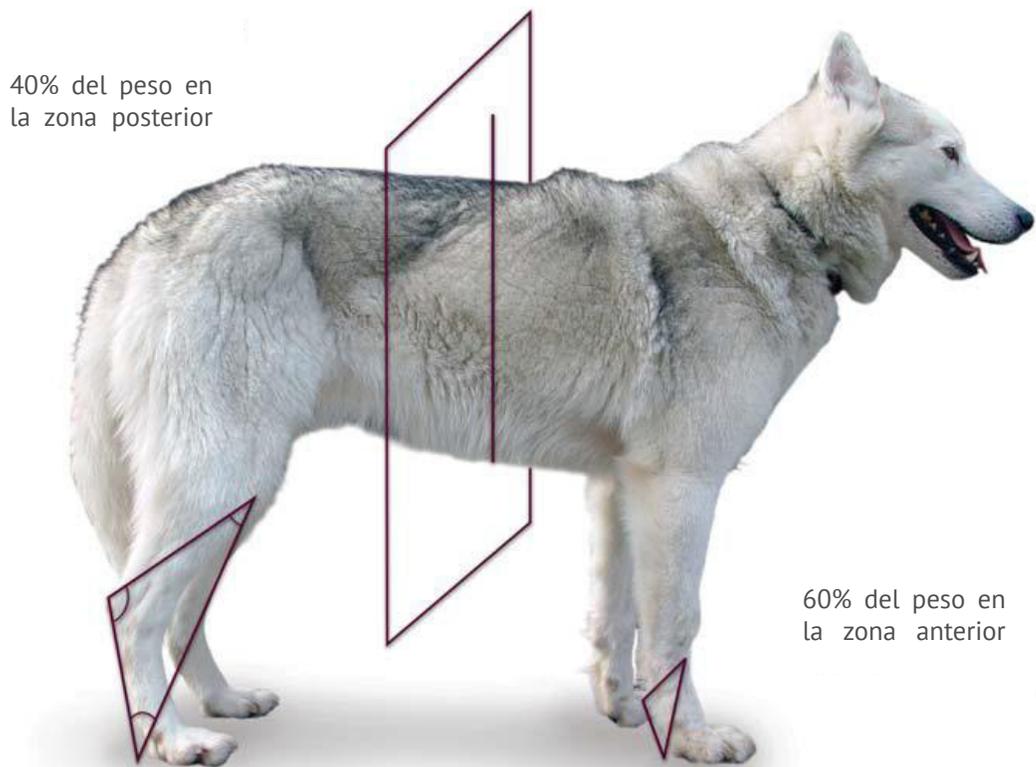


Figura 32.- Fuerzas que ejerce un animal sobre sus extremidades

Otra forma para obtener el centro de gravedad de un cuadrúpedo es empleando el siguiente método, [22], se sitúa al animal sobre una plataforma AB de longitud conocida y se obtienen los siguientes cálculos:

$$AC = \frac{(AB)(v)}{W}; E = \frac{b}{a+b} \times W; F = \frac{a}{a+b} \times W$$

Donde W es el peso del animal, w es el centro de gravedad, C es el punto de intersección de la línea de trabajo de W y AB; v es el peso indicado por la balanza y E, F los puntos de apoyo de las extremidades, (Figura 33).

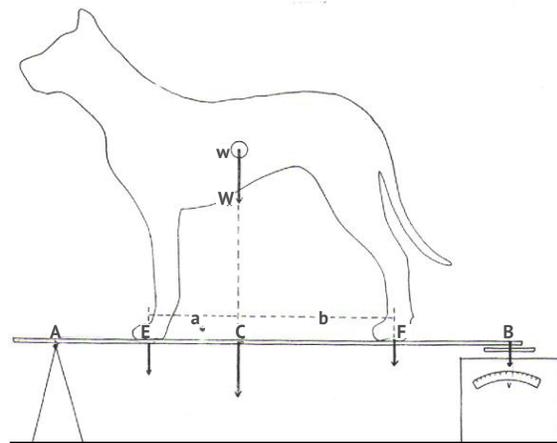


Figura 33.- Determinación del centro de gravedad en un cuadrúpedo

$$AB = 1.60 \text{ m} ; W = 470.4 \text{ N} ; v = 176.4 \text{ N}$$

$$AC = \frac{(AB)(v)}{W} \quad \text{entonces} \quad AC = \frac{(1.60 \text{ m})(176.4 \text{ N})}{470.4 \text{ N}} ; AC = 0.6 \text{ m}$$

$$AC = 0.60 \text{ m}$$

$$EC = 0.30 \text{ m}$$

$$CF = 0.48 \text{ m}$$

$$E = \frac{b}{a + b} \times W \quad \text{entonces} \quad E = \frac{(0.48 \text{ m})}{(0.30 \text{ m} + 0.48 \text{ m})} \times (470.4 \text{ N})$$

$$E = 289.50 \text{ N}$$

$$E = 144.80 \text{ N}$$

$$F = \frac{a}{a + b} \times W \quad \text{entonces} \quad F = \frac{(0.30 \text{ m})}{(0.30 \text{ m} + 0.48 \text{ m})} \times (470.4 \text{ N})$$

$$F = 180.92 \text{ N}$$

$$F = 90.46 \text{ N}$$

“E” y “F” son los puntos de apoyo de las fuerzas que soportan cada extremidad. Por lo tanto cada extremidad anterior soportaría 144.80 N y cada posterior 90.46 N.

2.4 Propuestas de Solución para el Caso de Estudio

Una vez analizados los datos del caso se proponen las siguientes soluciones para el diseño de las prótesis; así como los materiales.

Propuesta 1: En ésta propuesta se tiene un socket moldeado a la medida de la extremidad de Pay de Limón y como medio de sujeción adicional un par de cintas de cuero con hebillas para un mayor ajuste. Se tiene un soporte tubular y una terminación en goma de caucho para un mejor agarre a la superficie, (Figura 34).



Figura 34.- Ilustración de la propuesta 1

Propuesta 2: En la segunda propuesta tenemos un socket a la medida, con tiras de cuero y sus respectivas hebillas para mayor sujeción y un soporte compuesto por un pequeño segmento, ya sea tubular o angular y una terminación curva con recubrimiento de caucho los cuales se unen mediante una abrazadera para ajustar la altura requerida, (Figura 35).

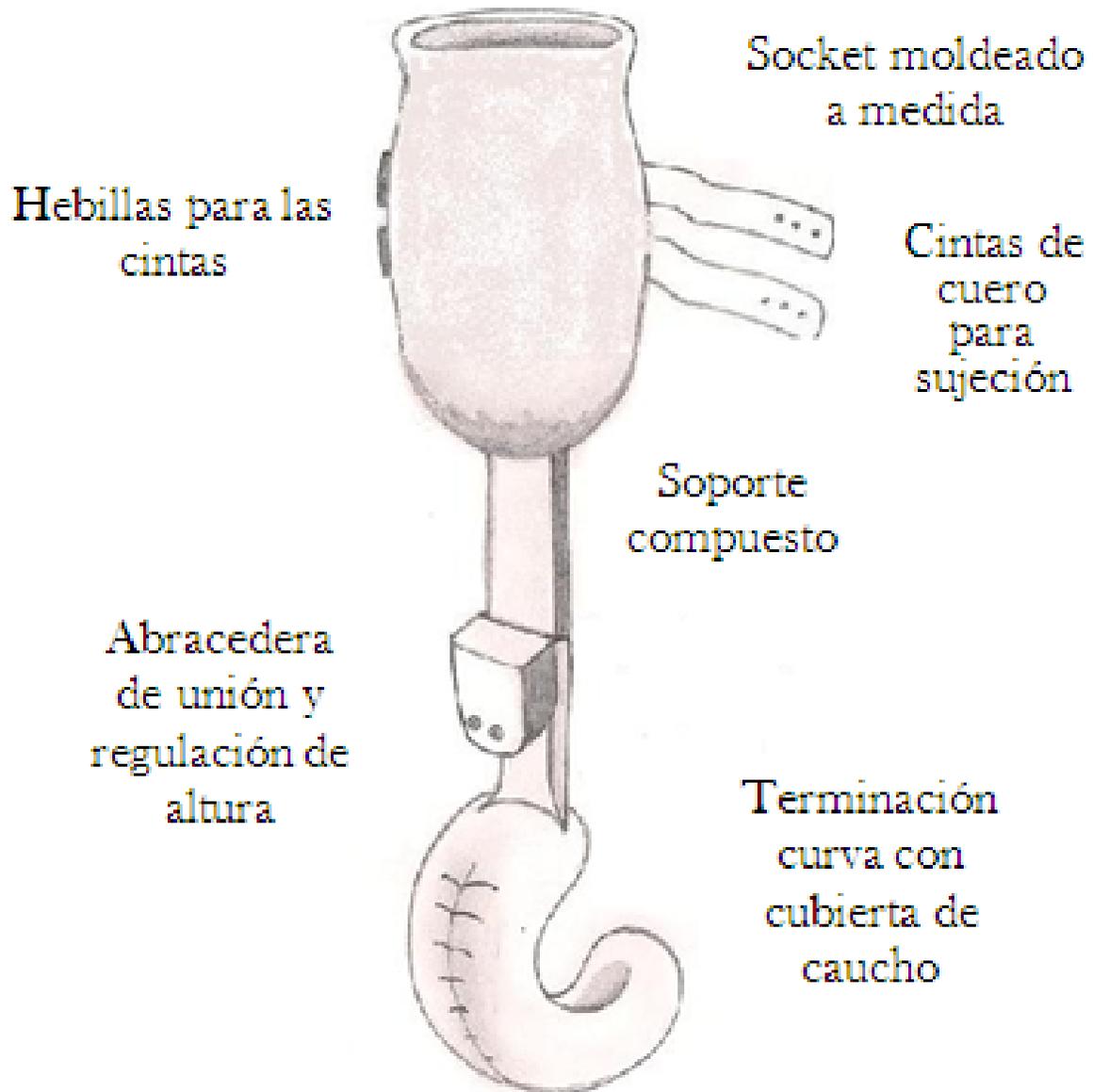


Figura 35.- Ilustración de la propuesta 2

Propuesta 3: En la tercer propuesta tenemos como base el socket a la medida, con tiras de cuero y sus respectivas hebillas para sujeción y un soporte compuesto por un segmento tubular en cuya parte inferior se encuentran dos resortes cubiertos que simularían el movimiento natural de la extremidad canina, dichos resortes se unirían a una tapa plástica cubierta de goma de caucho para mayor agarre a la superficie, (Figura 36).

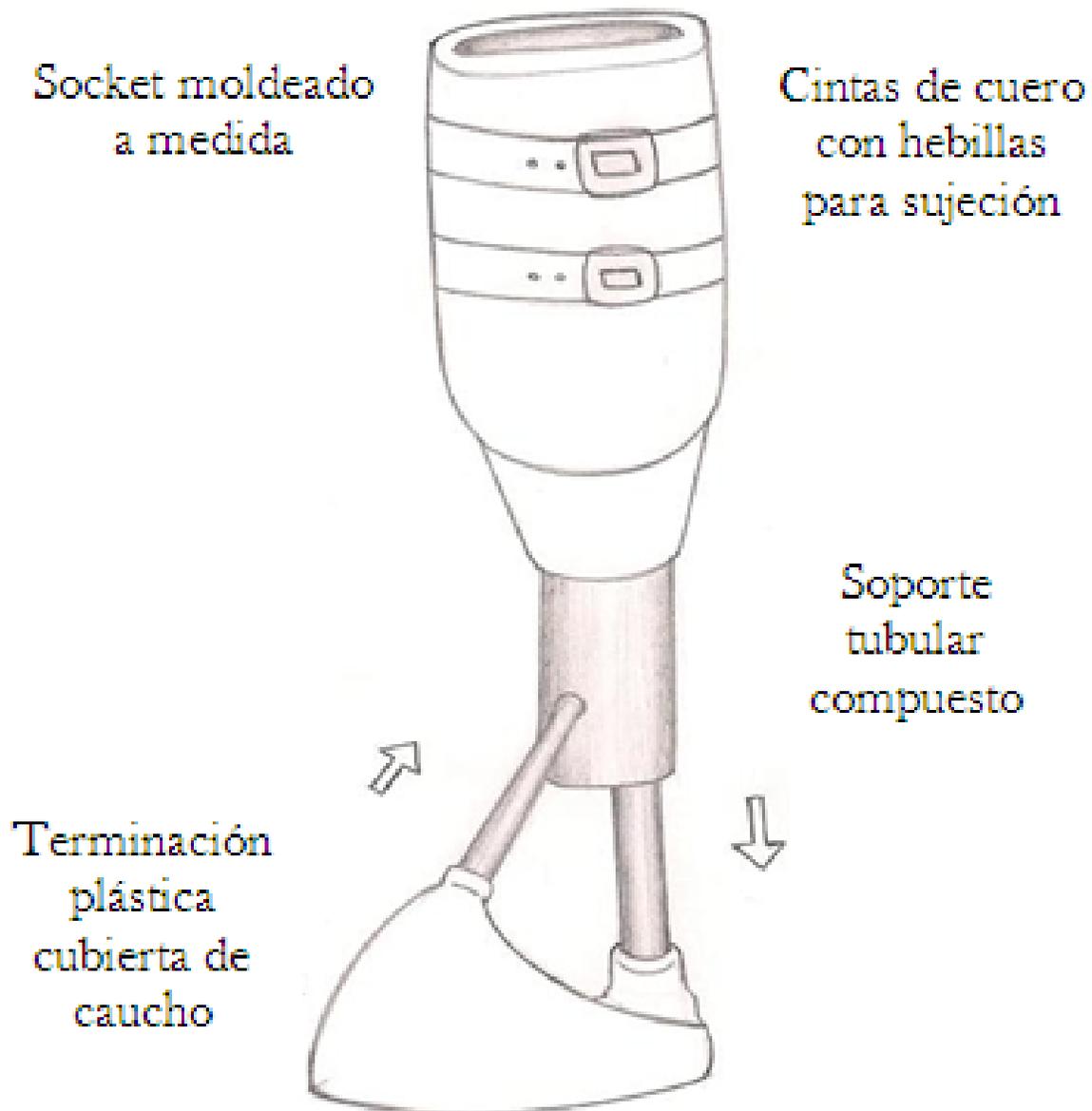


Figura 36.- Ilustración de la propuesta 3

Propuesta 4: En la cuarta propuesta tenemos como constante el socket a la medida de las extremidades, pero en lugar de un soporte individual se tiene la continuación del mismo para obtener una terminación más acorde a la anatomía canina, de igual modo se incluyen las tiras de cuero con hebillas para sujeción y una goma de caucho al final del soporte para mayor agarre a la superficie, (Figura 37).

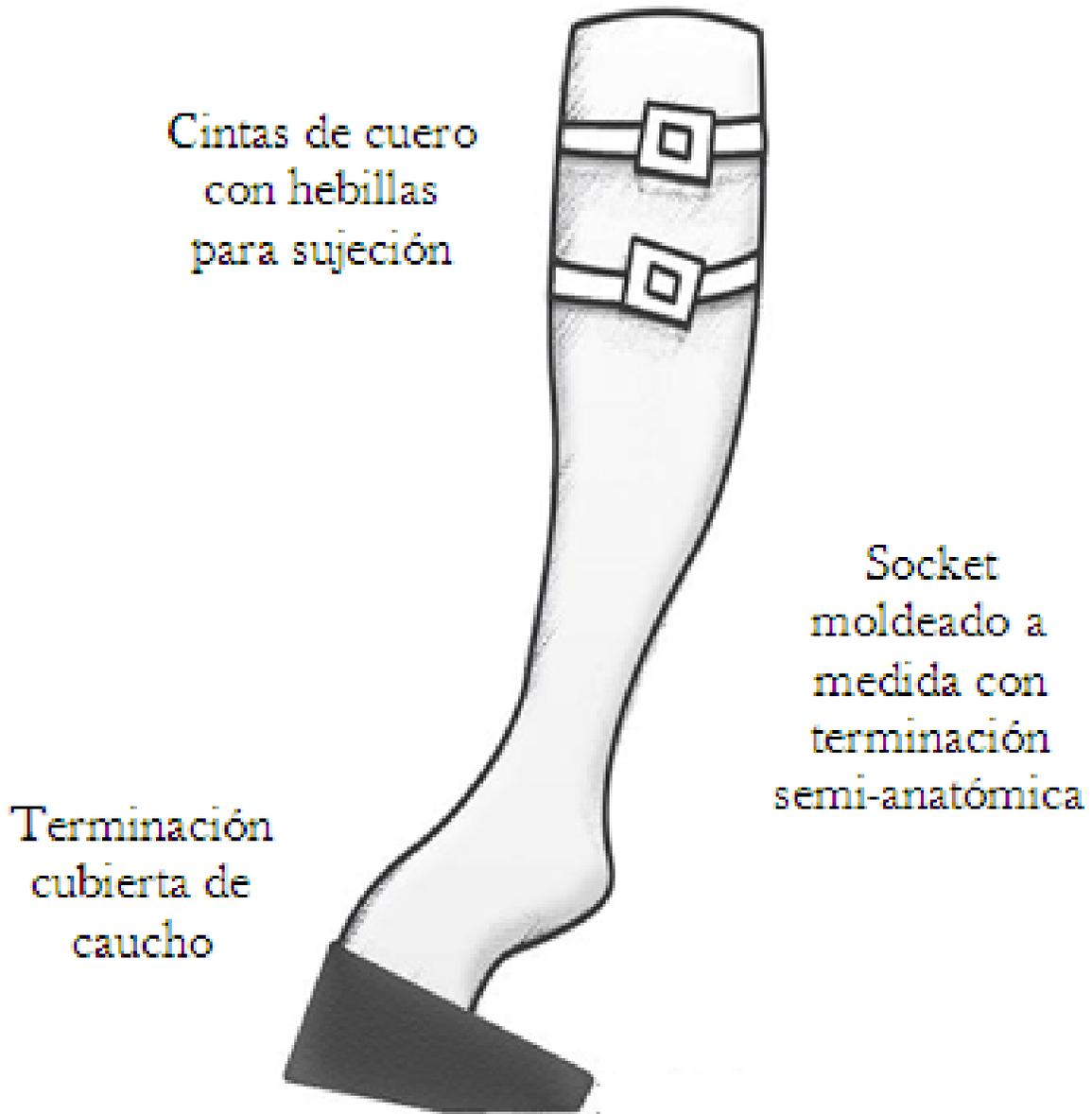


Figura 37- Ilustración de la propuesta 4

Propuesta 5: Ésta propuesta tiene como base las prótesis humanas para correr por lo que cuenta con un socket moldeado a la medida de la extremidad, cuenta con tiras de cuero y hebillas para mayor sujeción y como soporte tiene una solera curva, dicha solera ayudará a regular la altura requerida y en su terminación tendrá goma de caucho para mejorar el agarre a la superficie, (Figura 38 y 38A).

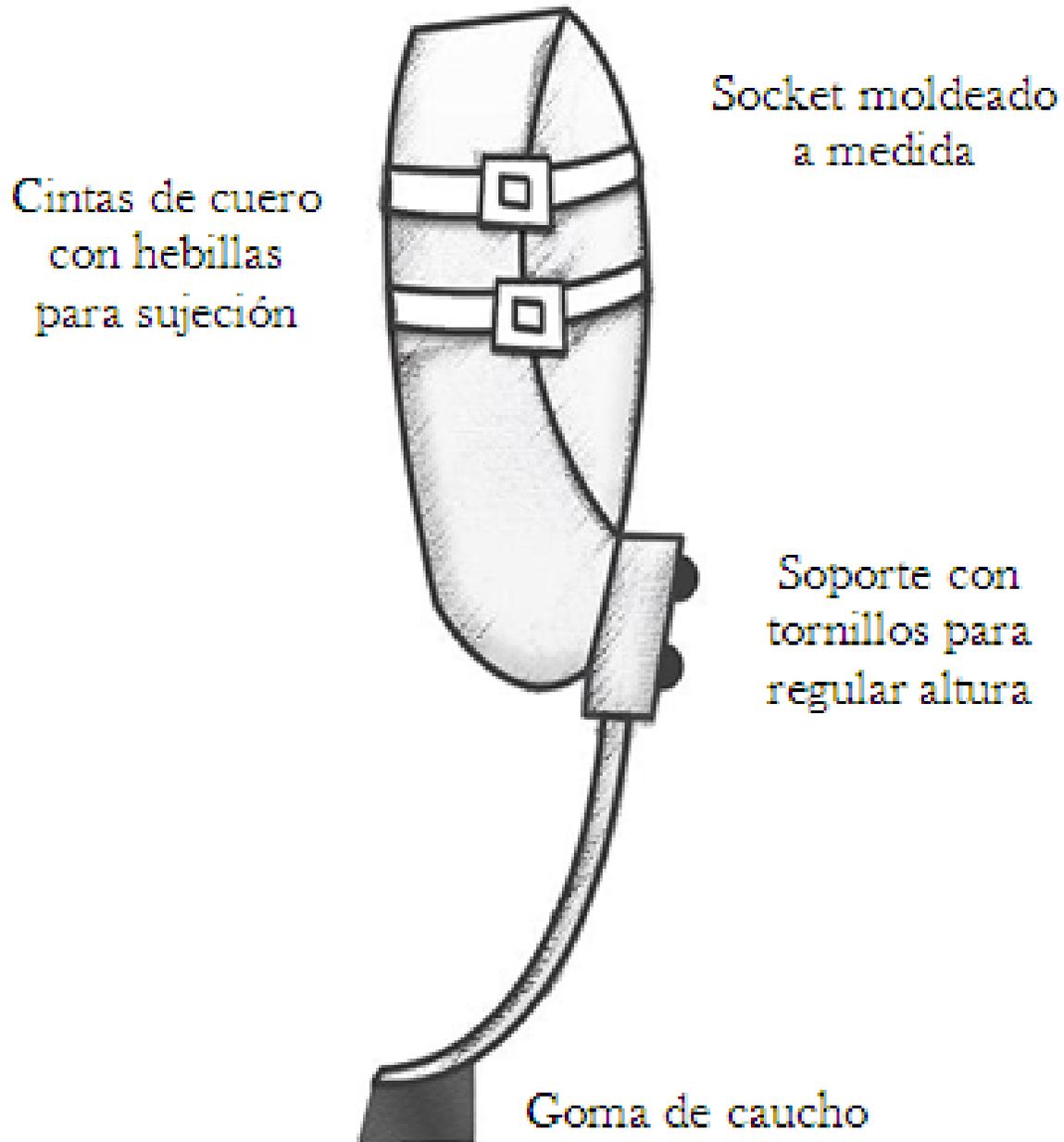


Figura 38.- Ilustración de la propuesta 5



Figura 38A.- Ilustración de la propuesta 5 montada en un ejemplar canino

Con estas cinco propuestas iniciales se concluye el capítulo dos de éste trabajo cumpliendo con la etapa analítica del método de diseño Archer en la cual se recopilaron, ordenaron y evaluaron los datos llevando a cabo sus dos fases:

Fase 1: Definir el problema.

Fase 2: Obtener datos, obtener especificaciones y retroalimentar la fase 1.

Del mismo modo se ha cubierto la etapa creativa con su respectiva fase, analizando las implicaciones del problema y formulando ideas base o rectoras:

Fase 3: Análisis y síntesis de datos para preparar propuestas de diseño.

Por lo que en los siguientes capítulos se procederá a realizar la etapa ejecutiva y final con sus fases:

Fase 4: Desarrollo de prototipos.

Fase 5: Proponer estudios y experimentos que validen el diseño.

Fase 6: Preparar documentos para la producción.

CAPÍTULO 3:

ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN FINAL

En éste capítulo se eligió una propuesta final mediante matrices de decisión, dicha propuesta se trabajó y mejoró para posteriormente desarrollar el prototipo de la misma el cual se sometió a pruebas para finalmente validar dicha solución.

3.1 Elección de la Propuesta de Solución Final

Para elegir una propuesta de solución final se propusieron materiales para los componentes de dicha propuesta como lo son el socket, el medio de sujeción, el soporte y la terminal del soporte.

Para el socket se propusieron:

1. Polietileno.
2. Polipropileno.
3. Fibra de vidrio.
4. Fibra de carbono.

Para el recubrimiento interno del socket se propuso Etilvinilacetato (EVA).

Para el medio de sujeción se propusieron dos materiales:

1. Cintas de cuero con hebillas.
2. Tiras de velcro.

Para el soporte se propusieron :

1. Aluminio.
2. Madera.
3. Fibra de carbono.

Para la terminal del soporte se propuso goma de caucho.

Una vez propuestos los materiales se definen las especificaciones:

- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la carga.
- Resistencia al impacto.
- Facilidad para trabajar el material.

Así como las siguientes restricciones:

- Costo accesible.
- Facilidad de adquisición.

Una vez propuestos los materiales y definido las especificaciones y restricciones de los mismos se procedió a realizar las correspondientes matrices de decisión para elegir el material más óptimo para el prototipo.

Matriz de decisión para el material del socket

Material	Costo	Facilidad de adquisición	Resistencia a la corrosión	Resistencia a la carga	Resistencia al impacto	Facilidad de trabajo	Puntuación Final
Polietileno	2	2	3	2	2	2	13
Polipropileno	2	2	3	3	3	2	15
Fibra de vidrio	2	2	2	2	2	3	13
Fibra de carbono	1	1	3	3	3	2	13

1 = Malo, 2 = Regular y 3 = Bueno

Mediante ésta matriz se pudo observar que el material más adecuado para el cuerpo del socket es el polipropileno con 15 puntos por lo, que se procedió a realizar la siguiente matriz para la elección del material del soporte.

Matriz de decisión para el soporte

Material	Costo	Facilidad de adquisición	Resistencia a la corrosión	Resistencia a la carga	Resistencia al impacto	Facilidad de trabajo	Puntuación Final
Aluminio	2	2	3	3	3	3	16
Madera	3	3	3	2	2	3	15
Fibra de Carbono	1	1	3	3	3	2	13

1 = Malo, 2 = Regular y 3 = Bueno

El resultado obtenido para el material que mejor se adecua para elaborar el soporte del prototipo es el aluminio con 16 puntos.

Una vez realizadas las matrices de decisión correspondientes se obtuvieron los materiales para los componentes del prototipo de la solución final elegida dando los siguientes resultados:

El socket se elaborará en polipropileno con un recubrimiento interno de EVA dado que es un material comúnmente empleado en el recubrimiento de pró-

tesis por ser fácil de cortar, pegar, es lavable, tiene baja absorción de agua, no es tóxico y es termoformable. Para la sujeción del socket se eligieron tiras de velcro en lugar de las de cuero con hebillas ya que son más económicas.

Para el soporte se eligió solera de aluminio ensamblado al socket por medio de tornillos ajustables para regular la altura adecuada y recubriendo la terminación del mismo con goma de caucho para evitar el derrape sobre las superficies de contacto.

3.2 Desarrollo de Prototipo para la Solución Elegida

Una vez elegidos los materiales se procedió a seleccionar la mejor propuesta tomando en cuenta las siguientes restricciones a cumplir:

- Su implementación debe ser económica
- Debe ser de fácil mantenimiento y reparación
- Sus respectivas partes deben de ser de fácil adquisición
- Su ensamblado debe ser sencillo

Pero también se contemplaron las siguientes especificaciones:

- Resistencia a la carga
- Resistencia a la corrosión
- Confort
- Estabilidad del paso
- Sujeción

Con base a las restricciones y especificaciones y las propuestas anteriormente vistas se realizaron las siguientes matrices de decisión:

Matriz de restricciones

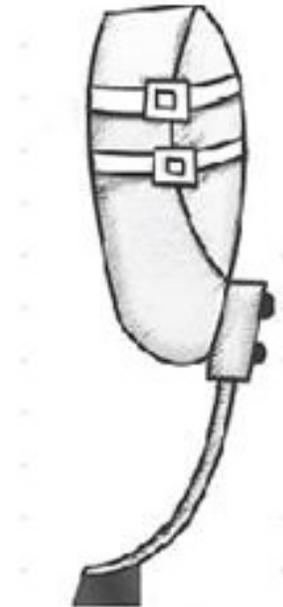
	Económica	Mantenimiento y reparación	Facilidad de adquirir las piezas	Ensamblaje sencillo	Puntuación final
Propuesta 1	3	3	3	3	12
Propuesta 2	1	3	1	2	7
Propuesta 3	1	2	1	1	5
Propuesta 4	2	1	2	3	8
Propuesta 5	3	3	3	3	12

1 = Malo, 2 = Regular y 3 = Bueno

En ésta primer matriz se observó que las propuestas que mejor cumplen con las restricciones establecidas son la número 1 y la 5, (Figura 39).



Propuesta 1



Propuesta 5

Figura 39.- Ilustración de la propuesta resultante de la matriz de restricciones

Posteriormente se analizaron las especificaciones a cumplir:

Matriz de especificaciones

	Resistencia a la carga	Resistencia a la corrosión	Estabilidad del paso	Sujeción	Puntuación final
Propuesta 1	3	2	2	3	10
Propuesta 2	3	3	3	3	12
Propuesta 3	3	3	3	3	12
Propuesta 4	2	3	2	3	10
Propuesta 5	3	3	3	3	12

1 = Malo, 2 = Regular y 3 = Bueno

Esta segunda matriz mostró que las propuestas que mejor cumplen dichas especificaciones son la 2, 3 y 5, (Figura 40).

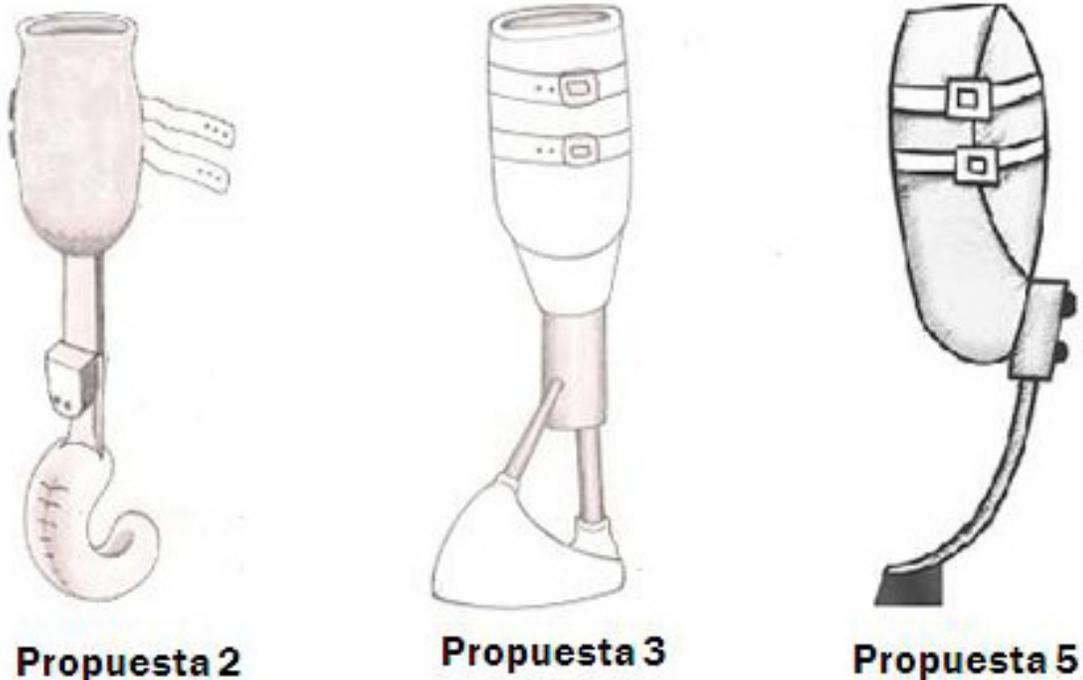


Figura 40.- Ilustración de las propuestas resultantes de la matriz de especificaciones

Tomando en cuenta las puntuaciones finales de ambas matrices se propuso una última matriz dándole un 50% de peso a las restricciones y un 50% a las especificaciones que debe cumplir la propuesta de solución final, ya que, es importante recordar que en el proceso de diseño hay que ajustarse y no olvidar las restricciones (“condiciones, medios o fuerzas” que imponen una “prohibición, tope o limitación”) así como las especificaciones (descripciones precisas de las propiedades del objeto que se va a diseñar) para un óptimo resultado.

Matriz de restricciones y especificaciones

	Restricciones (50%)	Especificaciones (50%)	Puntuación final
Propuesta 1	$(12 \cdot 0.5) = 6$	$(10 \cdot 0.5) = 5$	11
Propuesta 2	$(7 \cdot 0.5) = 3.5$	$(12 \cdot 0.5) = 6$	9.5
Propuesta 3	$(5 \cdot 0.5) = 2.5$	$(12 \cdot 0.5) = 6$	8.5
Propuesta 5	$(12 \cdot 0.5) = 6$	$(12 \cdot 0.5) = 6$	12

Con el resultado de la matriz anterior se llegó a la conclusión de que la propuesta que mejor cumple con las restricciones como con las especificaciones es la número cinco.

Obtenida la propuesta de solución final y los materiales se desarrolló un prototipo para pruebas posteriores (Figura 41).

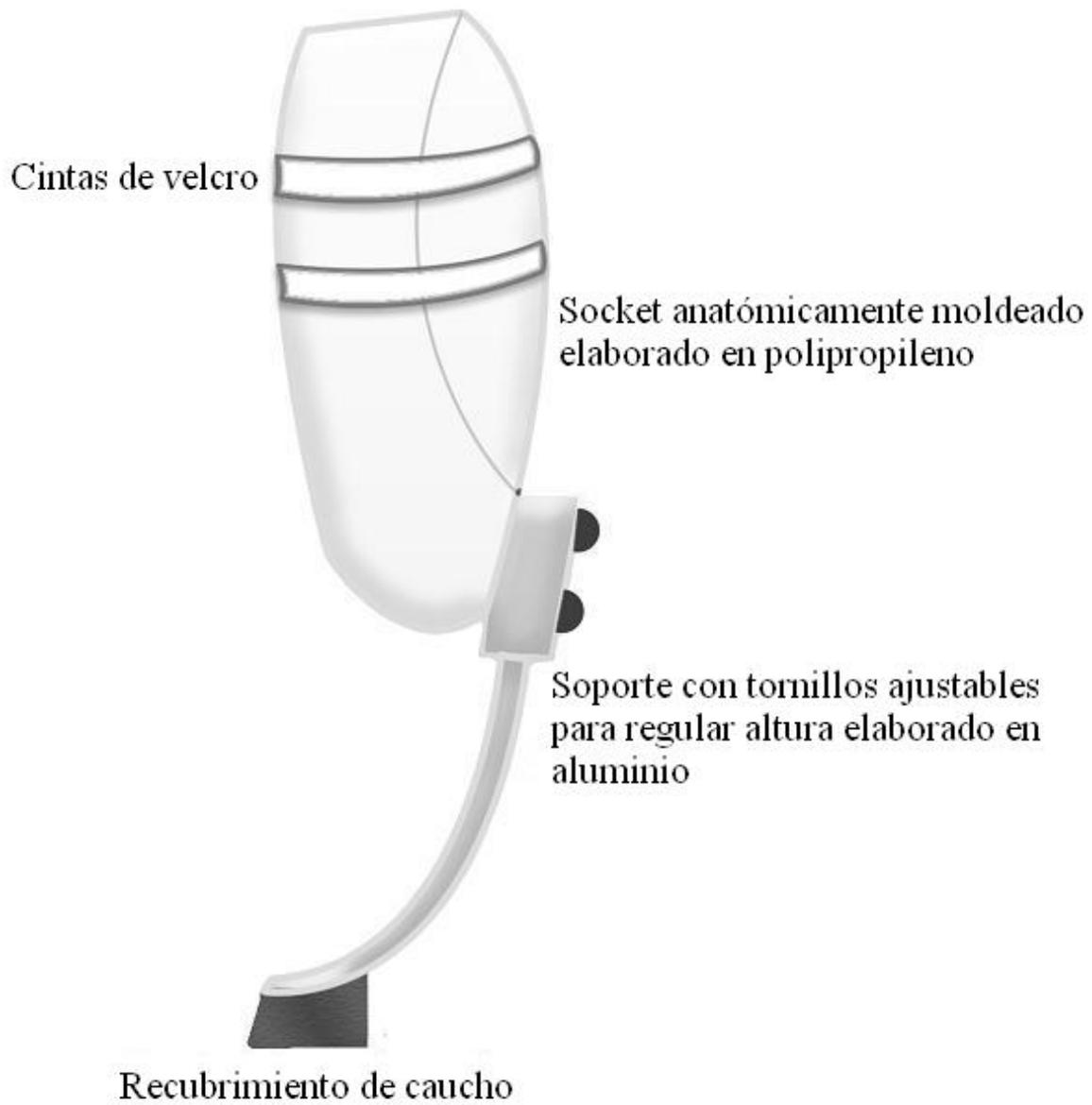


Figura 41.- Boceto del prototipo de la propuesta de solución elegida

Socket: Para elaborar el socket, (Figuras 42 – 43), con las medidas adecuadas se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se le cubrió una extremidad con película de plástico adherente (usada comúnmente en la cocina).
2. Sobre la película se colocó una barra plástica para posteriormente ser empleada como base al emplear el cutter.
3. Con una venda de yeso se cubrió la extremidad perfectamente para obtener un molde exacto.
4. Una vez seco el yeso se procedió a marcar protuberancias y detalles de la extremidad.
5. Sobre la barra plástica se corta el yeso retirándolo por completo y uniéndolo.
6. Una vez obtenido dicho molde se realiza un vaciado de yeso para posteriormente moldear el polipropileno hasta obtener la forma deseada.
7. Con el polipropileno moldeado se realizó una primera prueba comprobando que tiene la forma adecuada a la extremidad.



Figura 42.- Moldes en venda de yeso de las extremidades de Pay de Limón



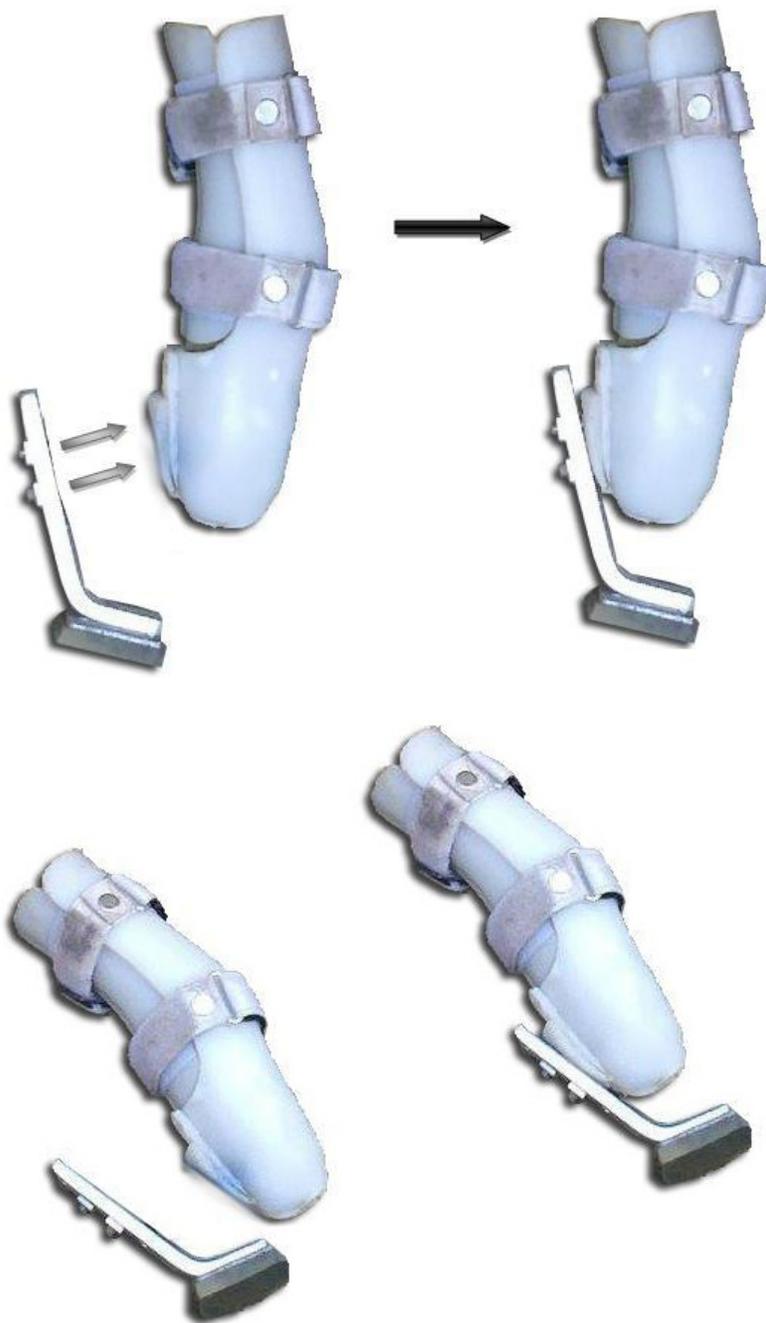
Figura 43.- Moldes en polipropileno con las tiras de velcro

Soporte: Como se decidió anteriormente, mediante la matriz correspondiente, el soporte se elaboró con solera de aluminio (6061 T6) de 3/4X 1/4, con un par de tornillos de cabeza plana para regular la altura requerida por cada extremidad y en cuya terminación se colocó goma de caucho para evitar el derrape y asegurar el agarre a diversas superficies, (Figura 44).



Figura 44.- Soporte elaborado en solera de aluminio de 3/4 con terminación en goma de caucho y tornillos reguladores de altura

Ensamblado: Para realizar el ensamble entre los sockets y su respectivo soporte, (Figura 45 y 46), se emplearon dos tornillos de cabeza plana con sus respectivas tuercas, a continuación se muestran imágenes de dicho ensamble:



Figuras 45 y 46.- Ensamble del socket con el soporte

3.3 Validación del Prototipo

Una vez obtenidos los primeros moldes plastificados se procedió a realizar pruebas de forma para verificar que los moldes se ajustaran correctamente a las extremidades de Pay de limón (Figuras 47 y 48), y poder avanzar en sus acabados interiores y exteriores.



Figuras 47 y 48- Primer prueba de los prototipos plastificados

En ésta primer prueba se tuvo una duda sobre el prototipo izquierdo que al parecer estaba girado 90° del ángulo que debería estar, como se observa nuevamente en las (Figuras 47 y 48). Por cuestiones del personal del asilo no se pudo brindar más tiempo para ésta primera prueba así que se solicitó otra cita para poder verificar con más tiempo si había errores o no.



Figuras 49 y 50- Segunda prueba de los prototipos plastificados



Figuras 51 y 52:- Segunda prueba de los prototipos plastificados



Figura 53:- Segunda prueba de los prototipos plastificados

Con los resultados de ésta segunda prueba se confirmó que los moldes eran correctos y por tanto los prototipos plastificados derecho e izquierdo se adaptaron adecuadamente a las extremidades; por otro lado se observó que al no tener los acabados internos Pay de Limón no logró caminar, solo se mantuvo parado.

Con éstos nuevos resultados se validan los prototipos y se pasa a la fase de implementación final, dando acabados internos y externos.

CAPITULO 4:

IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN

4.1 Implementación de la Propuesta Final

Para ésta implementación se procedió a dar acabados tanto internos como externos para poder realizar la prueba final, como se puede observar en las figuras 54 – 58 en los sockets de polipropileno el acabado exterior se realizó con resina en color negro, la parte posterior de las tapas se recubrieron con piel de igual color, la cinta velcro se cambió a negro para evitar la suciedad visual del blanco debido a que el entorno en donde se usarán es terroso, lo cual hace del blanco un color poco conveniente.



Figura 54- Vista con acabados finales



Figura 55: Vistas frontales con acabados



Figura 56: Vista completa de prótesis para extremidad derecha



Figura 57: Vista completa de protesis para extremidad izquierda



Figura 58: Vista con acabados internos

4.2 Aplicación de la Propuesta Final

Una vez completa la implementación de la propuesta final se procedió a la colocación de las prótesis, la cual fue un poco difícil para el perro ya que no estaba acostumbrado a usarlas por lo que se prolongó su colocación. Poco a poco por medio estimulación con premios (trozos de carne seca) se levantó a beber agua y caminar, posteriormente ya con confianza caminó más tiempo, logró subir y bajar una jardinera y hasta correr un poco.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez realizada la prueba de funcionamiento se pudo observar que el diseño de los sockets resultó adecuado, ya que estos se ajustaron bien a las extremidades del perro, los acabados internos con láminas de EVA lograron brindar confort y evitar el roce con las cabezas de los torillos que unen los sockets con el soporte.

El empleo de cintas de velcro resultó eficaz para sujetar las tapas de los sockets y ajustar estos a las extremidades, al usar un color negro se logró una mejor apariencia.

Por otro lado los soportes presentaron detalles a tomar en cuenta para futuras mejoras ya que si se aumentara la superficie de contacto entre el soporte y el piso se mejoraría el funcionamiento de las prótesis. En la prueba realizada se observó que a pesar de que el perro es capaz de caminar, el aumento de la superficie de contacto puede darle mayor estabilidad y confianza en su paso.

La terminación en goma de caucho resultó una buena elección evitando el derrape.

Se concluye el presente trabajo validando el cumplimiento del objetivo principal (diseñar una prótesis para extremidad canina, implementarla y validar su funcionamiento probándola en un caso clínico), el cual llevó su tiempo, ya que al enfrentarse por primera vez a proponer un diseño en forma surgen dudas.

En este diseño de prótesis y su implementación se logró obtener un producto funcional para el caso clínico y así ayudarlo a mejorar su calidad de vida, quedando abiertas áreas de oportunidad y antecedentes para futuros diseños acordes a cada caso a tratar.

También se cumplió el objetivo secundario (comprobar y documentar el proceso de diseño empleando un modelo para éste), claro que al ser la primera vez que se propone un diseño se requiere seguir un modelo (como el de Archer) el camino fue más claro y se obtuvieron resultados satisfactorios. También se comprobó que durante el procedimiento se puede regresar a etapas previas al encontrar áreas de oportunidades que nos lleva a un mejor desempeño.

Referencias:

- [1] Wikipedia; Definición de Ingeniería
[Online]: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa>
Consulta: Octubre - 2013
- [2] C. Dym, P. Little, El proceso de diseño en ingeniería, Limusa Wiley, Noriega Editores, 2002, pp. 9-10
- [3] arp calidad, Innovación en el Management desde la necesidad del cliente.
[Online]: arpcalidad.com/definici3n-de-proceso/2010
Consulta: abril-2013
- [4] El Prisma: Portal para investigadores y profesionales. Proceso de diseño en ingeniería,
[Online]: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/procesodisenoingenieria
Consulta: abri-2013
- [5] L. D. G. Mónica González Mothelet, Metodología del diseño, Bloque básico, Universidad de Londres, PDF y
[Online]: <http://www.mediafire.com/view/?5udijm6exf0fehwh>
Consulta: abril-2013
- [6] Nigel Cross, Metodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos.
Limusa Wiley, 1999, p. 43
- [7] Métodos de Diseño.pdf, Capítulo 2: Ingeniería de diseño
[Online]: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf;jsessionid=08E1B86B9086A8FBAADB9F6A31A5F0EC.tdx2?sequence=5>
Consulta: Mayo-2013

[8] Renzo Bocardo, Creatividad en la inganiería de diseño, Equinoccion Universidad Simón Bolívar, 2006, pp. 50-51.

[9] Canis Lupus Familiaris:

[Online]: http://es.wikipedia.org/wiki/Canis_lupus_familiaris

Consulta: mayo-2013

[10] Número de perros en el mundo:

[Online]: http://respuestas.wikia.com/wiki/Cuantos_perros_hay_en_el_mundo

Consulta: mayo-2013

[11] Se un dueño responsable

[Online]: <http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/index.php?option=comcontent&task=view&id=5457>

Consuta: mayo-2013

[12] Prof. José Luis Morales López, Anatomía aplicada de los pequeños animales, curso 2003/2004

[Online]: http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anat-patologica/peques/curso01_05/amputacion.pdf

Consulta: junio-2013

[13] El primer perro biónico Naki'o

[Online]: <http://www.noticias24.com/mascotas/noticia/15032/conoce-al-primero-perro-bionico-nakio-perdio-sus-patas-por-el-frio-y-ahora-cuenta-con-cuatro-protesis-fotos-y-video/>

Consulta: junio-2013

[14] Orthopets

[Online]: <http://www.orthopets.com>

Consulta: julio-2013

[15] Ortocanis

[Online]: <http://www.ortocanis.com>

Consulta: julio-2013

[16] Ortopedia Canina

[Online]: <http://ortopediacanina.com>

Consulta: julio-2013

[17] Clínica para animales Dr. Rivera

[Online]: <http://doctordeanimales.info>

Consulta: julio-2013

[18] Hospital Veterinario de Especialidades Bruselas S.C.

[Online]: <http://www.bruselas.com.mx/>

Consulta: julio-2013

[19] Anatomía externa del perro

[Online]: http://www.botanicalonline.com/animales/anatomia_externa_perro.htm

Consulta: julio-2013

[20] Dr. Javier Fariña, Sra Fraces Smith, Anatomía canina, Capítulo 2;

[Online]: <http://www.magazinecanino.com/uploads/biblioteca/Anatom%C3%ADa%20Canina.pdf>

Consulta: julio-2013

[21] MVZ Rodrigo Ramírez Ricco, Formación continua/ Traumatología y Ortopedia, Biomecánica

[Online]: <http://www.traumatologiveterinaria.com/articuls/docs/biomecanica.pdf>

Octubre 2013

[22] Septimus Sisson, J. D. Grossman, Anatomía de los animales domésticos, Volumen 1, Elsevier España 1999, 5ª edición, pp 55-94.

APÉNDICE A

Tabla de propiedades típicas de goma EVA

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Densidad	ISO 845	kg/m ³	33±5
Resistencia a la tracción	ISO 1798	kPa	>190
alargamiento	ISO 1798	%	>230
Resistencia a la compresión deflexión 10% deflexión 25% deflexión 50%	ISO 3386/1	kPa	>12 >28 >70
Remanencia a la compresión 22 h de carga, 23 °C deflexión 25% 0.5 h tras descarga 24 h tras descarga	ISO 1856	% %	≤20 ≤8
Conductibilidad térmica a 10 °C a 40 °C	DIN 52612	W/mK	0,035 0,039
Ambito de temperatura de trabajo	ISO 2796	°C	-40/+55
Estabilidad Dimensional	ISO 2796	%	<5
Absorción de agua (28 días)	DIN 53428	%	≤3
Resistencia Eléctrica	DIN 60093	Ωcm	≥10E15
Dureza Shore	ISO 868	-	>23
Velocidad de combustión Horizontal	FMVSS-302	mm/min	<100

Referencia:

Tecnología de los Plásticos

[Online]: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2012/06/etilvinilacetato-eva.html>

Consulta: Julio 2013

METZOPLAST PP/C

Características básicas:

Copolímero de polipropileno caracterizado por una buena resistencia de extracción y química con un alto impacto particularmente en el intervalo de baja temperatura y buena resistencia a los disolventes cáusticos.

Propiedades Mecánicas

Límite elástico	DIN 53455	N/mm ²	24
Rendimiento de elongación	DIN 53455	%	11
Resistencia a la tracción de la rotura	DIN 53455	N/mm ²	25
Elongación de rotura	DIN 53455	%	650
Módulo de flexión	DIN 53457-B4	N/mm ²	900
Resistencia al impacto del 23°C	DIN 53453	kJ/m ²	Sin ruptura
Resistencia al impacto del -30°C	DIN 53453	kJ/m ²	> 70
Resistencia al impacto con muesca del 23°C	DIN 53453	kJ/m ²	35
Resistencia al impacto con muesca del -30°C	DIN 53453	kJ/m ²	4
Dureza (H 358/30)	DIN 53456	N/mm ²	

Propiedades Térmicas

Punto de debilitación Vicat VST B 50	DIN 53460	°C	85
ISO/R75 Proceso A	DIN 53461	°C	47
ISO/R75 Proceso B	DIN 53461	°C	69
Temperatura de servicio continuo		°C	
Coefficiente térmico de expansión lineal	DIN 53752	10 ⁻³ /K	
Conductividad térmica	DIN 52612	W/Km	
Calor específico		kJ/kgK	

Propiedades eléctricas

Constante dieléctrica	DIN 53483		
Factor de Disipación	DIN 53483	10 ⁻⁴	
Volumen de resistividad específica	DIN 53482	Ω cm	
Resistividad superficial	DIN 53482	Ω	
Rigidez dieléctrica	DIN 53481	kV/mm	

Otras propiedades

Contracción		%	
Absorción de agua	DIN 53495	%	
Densidad	DIN 53479	g/cm ³	0,92

6/98-BK

Estos son valores típicos y no pueden interpretarse como especificaciones del producto.

Las propiedades mecánicas de esta información técnica se establecieron con gruesas láminas extruidas de 4 mm.

La información contenida en este documento se considera fiable para el mejor de nuestro conocimiento. Sin embargo, se hacen todas las recomendaciones, sin garantía de rendimiento o garantía de la libertad de la responsabilidad legal.

Propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	CARGA ROTURA R_m - N / mm ²	LÍMITE ELÁSTICO R_p 0,2 - N / mm ²	ALARGAMIENTO A 5,65 %	DUREZA BRINELL HB
7075 - T7351	440	360	6	140
7075 - T6 / T651	470	400	5	130
2024 - T6	425	315	5	125
7020 - T6 / T651	350	290	10	120
2024 - T3	400	270	8	120
2007 - T3	340	220	6	115
2014 - T4	430	275	18	110
2007 - T4	330	210	7	110
2017 - T4	380	260	12	105
2011 - T3	380	295	15	100
6061 - T6 / T651	150	110	16	95
6082 - T6 / T651	295	250	8	95
2030 - T4	330	210	7	95
6060 - T6	190	150	8	85
5052 - H34	195	90	30	70
5083 - 0 / H111	270	110	16	70
5086 - 0 / H111	240	95	16	65
6063 - T5	175	130	6	60
5154 - 0 / H111	215	85	16	55
5754 - 0 / H111	190	80	16	55
5251 - 0 / H111	160	60	16	45
1200 - H18	125	150	15	45
3003 - H14	130	110	6	45
5005 - H24	145	110	6	45
1050 - H18	165	150	15	43
1200 - H14	125	115	20	37
1050 - H14	125	115	20	35
1200 - 0	90	34	40	23
1050 - 0	90	34	40	21

Referencia:

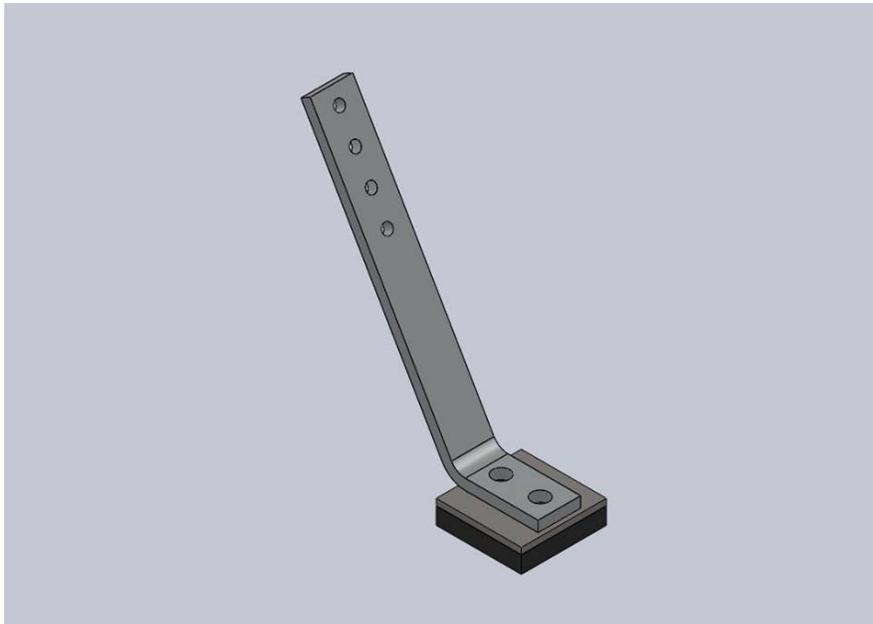
Propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio

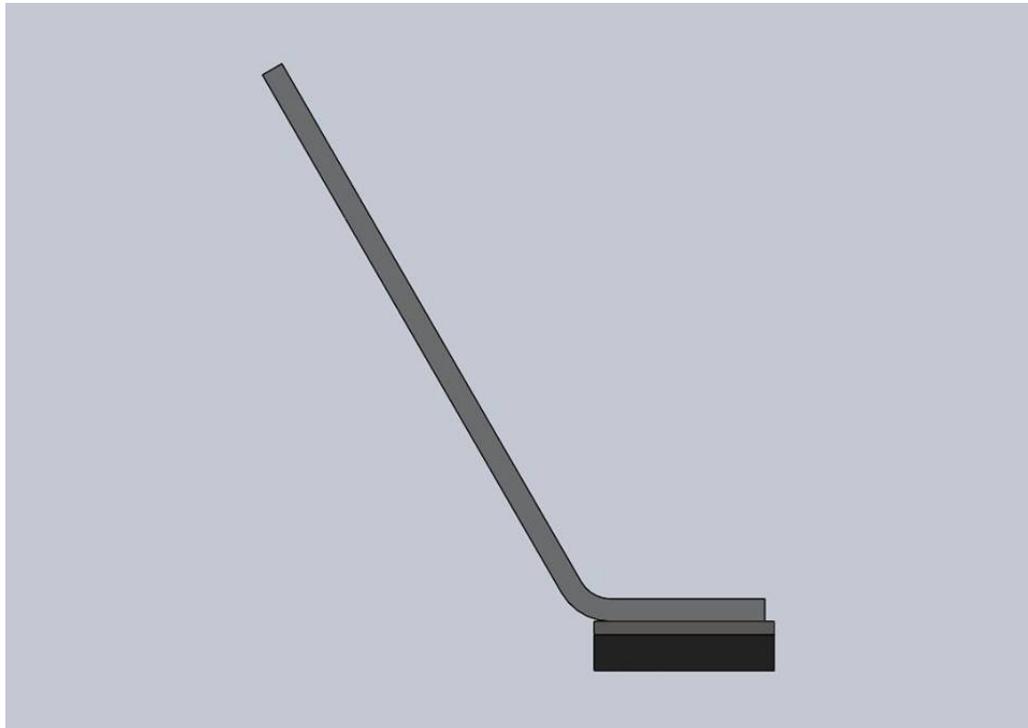
[Online]: http://www.lumetalplastic.com/dural_carac_mec.html

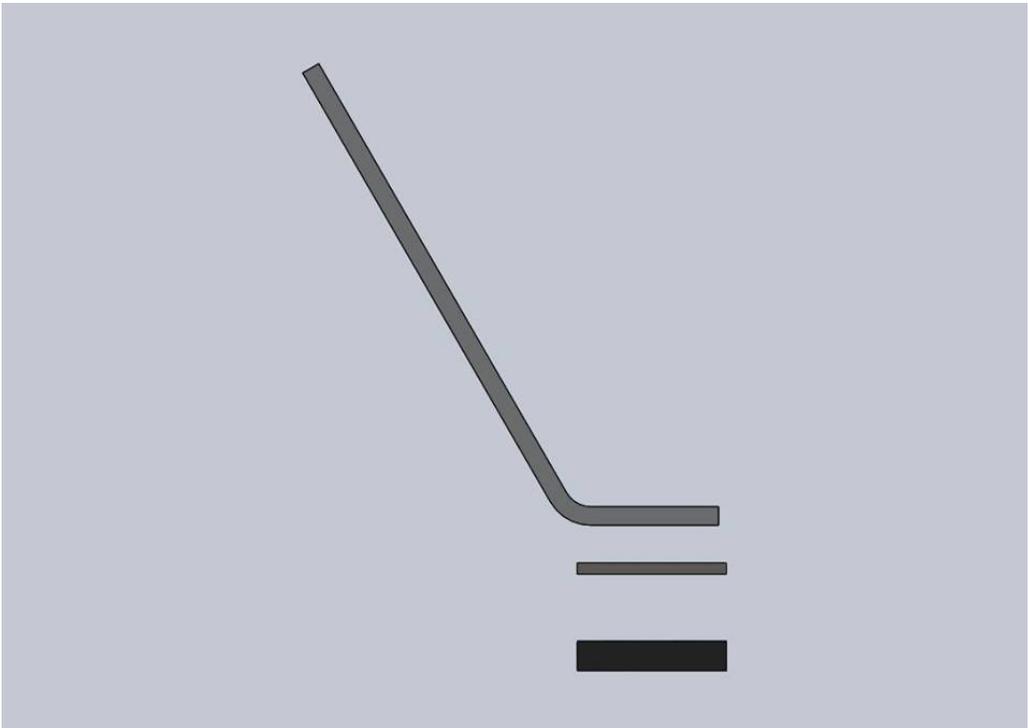
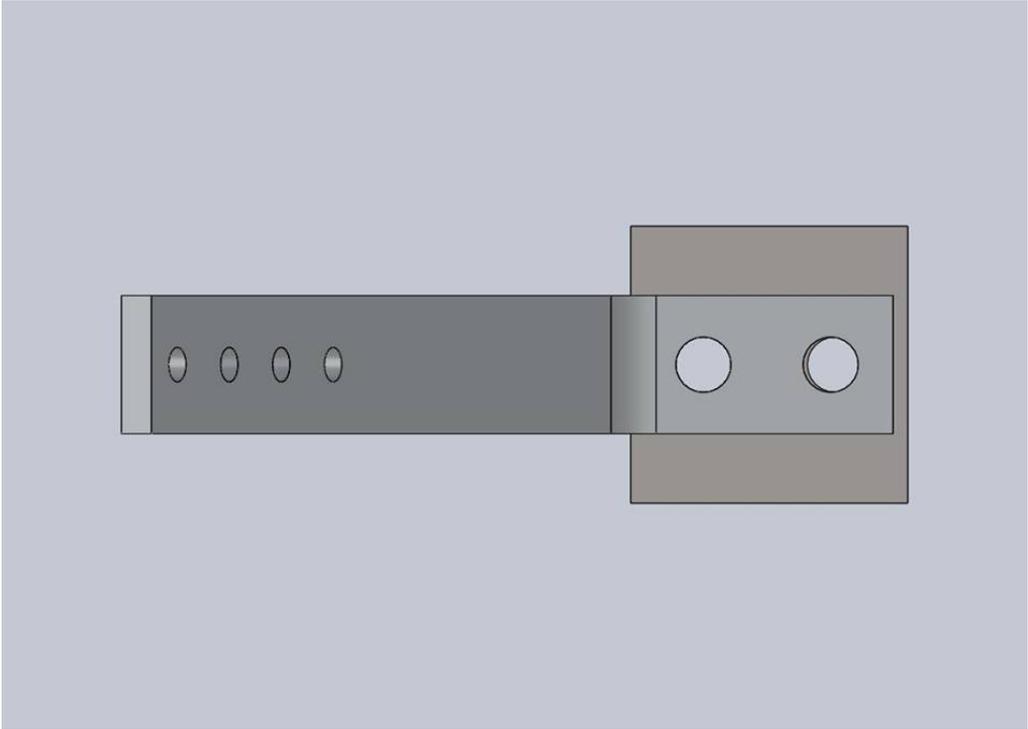
Consulta: Julio 2013

APÉNDICE B

Análisis del soporte.







2. Materiales

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Piezal	[SW]6061-T6 (SS)	0.0455046 kg	1.68535e-005 m ³

3. Información de cargas y restricciones

Sujeción

Restricción1 <Piezal>	activar 1 Cara(s) inmóvil (sin traslación).	
-----------------------	---	--

Carga

Cargal <Piezal>	activar 2 Cara(s) aplicar fuerza 144 N normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada Planta utilizando distribución uniforme	
-----------------	---	--

4. Propiedad del estudio

Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	2.5648 mm
Tolerancia:	0.12824 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	7839
Número de nodos:	13598
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	PERCY-PC

Información del solver

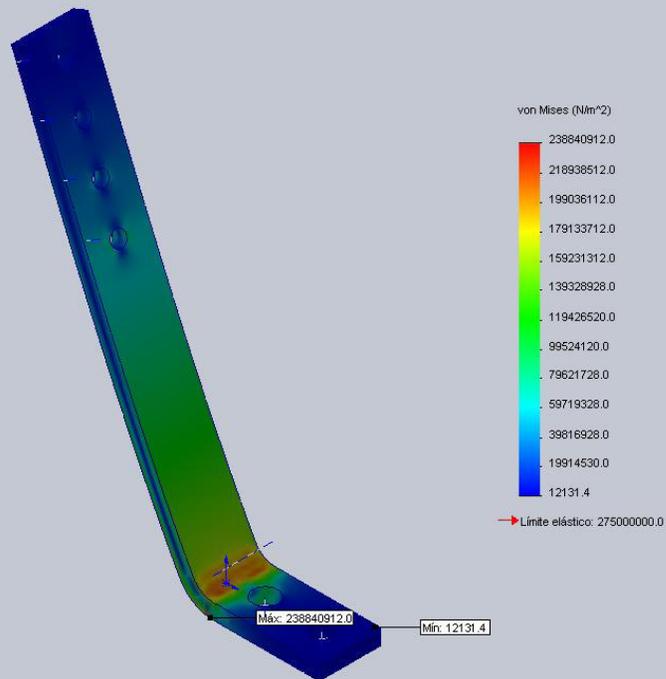
Calidad:	Alta
Tipo de solver:	Automático

5. Resultados

5a. Tensiones

Nombre	Tipo	Min.	Ubicación	Max.	Ubicación
Plot1	VON: Tensión de von Mises	6763.58 N/m ²	(-54.7421 mm, 128.096 mm, -9.99543 mm)	2.50133e+008 N/m ²	(4.67701 mm, -2.44736 mm, 9.99493 mm)

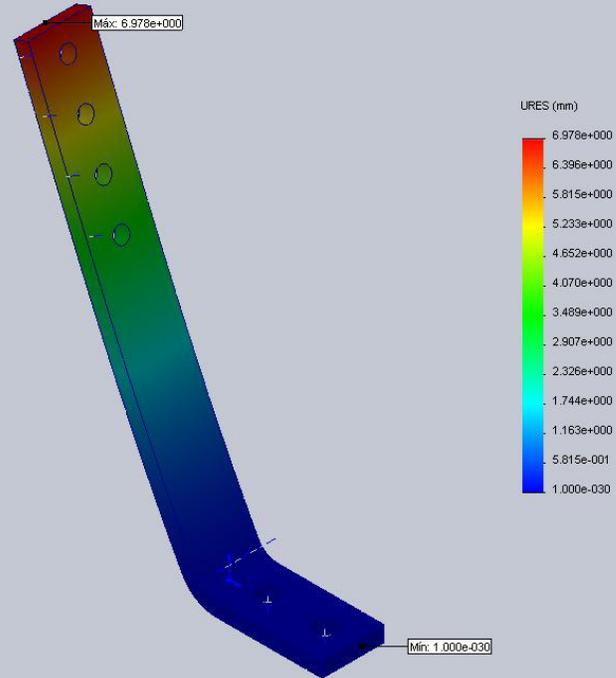
Nombre de modelo: Pieza1
Nombre de estudio: SimulationXpressStudy
Tipo de resultado: Static tensión nodal Plot1
Escala de deformación: 2.02593



5b. Desplazamientos

Nombre	Tipo	Min.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot2	URES: Desplazamiento resultante	0 mm	(12.618 mm, -2.5 mm, 4 mm)	7.13448 mm	(-59.4065 mm, 126.175 mm, -9.99543 mm)

Nombre de modelo: Pieza1
Nombre de estudio: SimulationXpressStudy
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot2
Escala de deformación: 2.02583



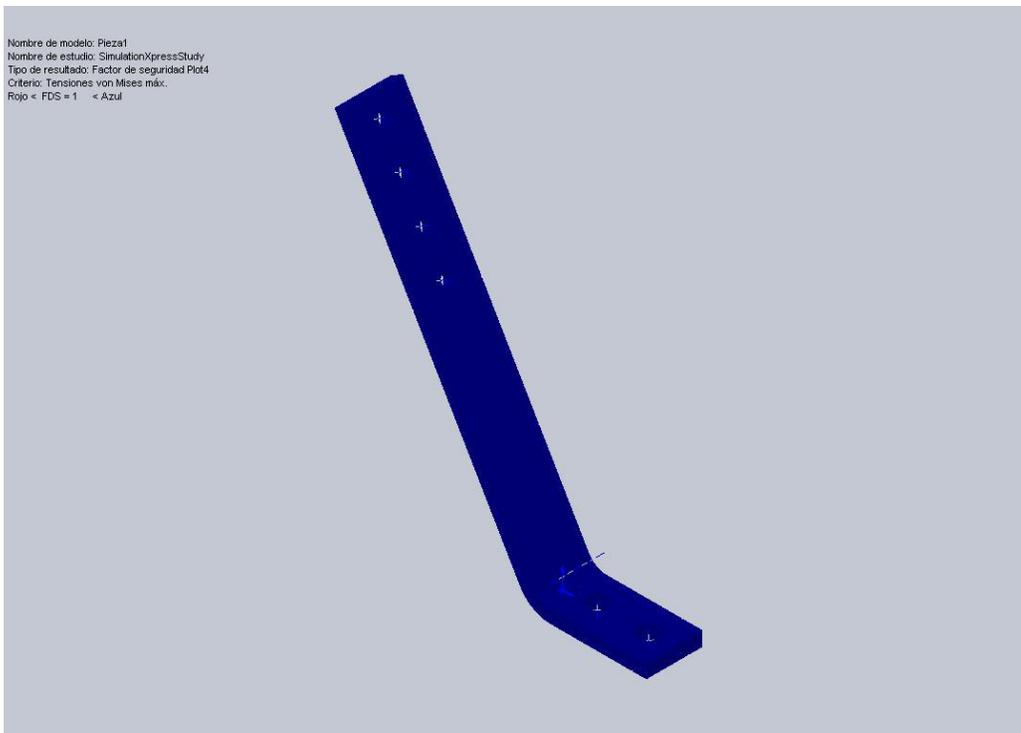
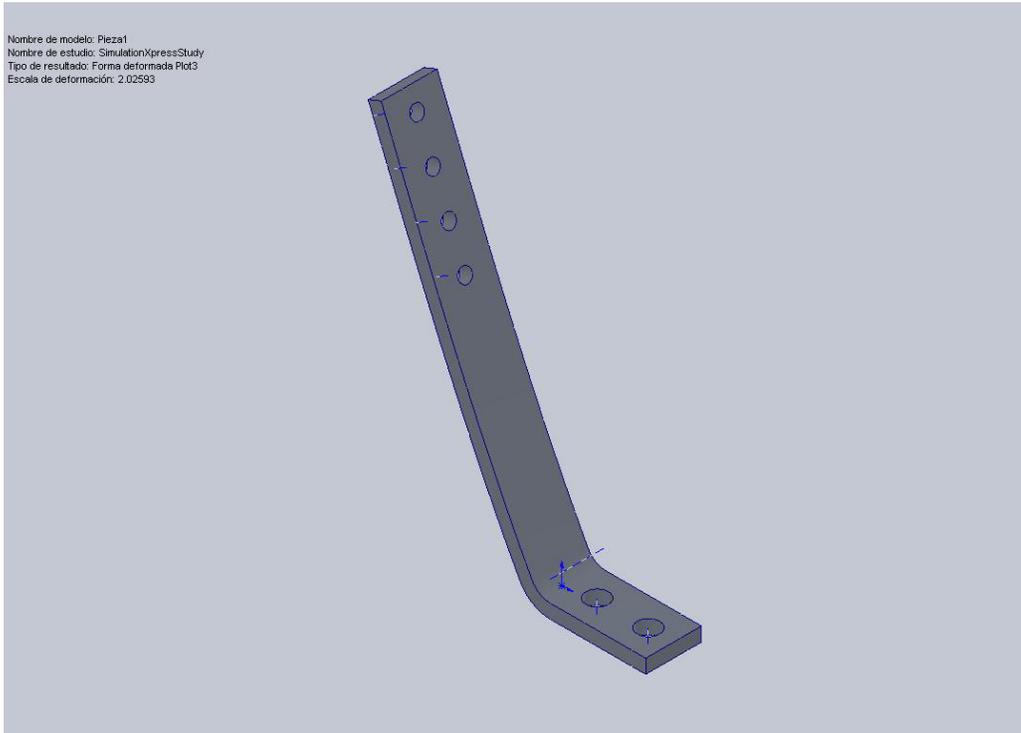


Tabla de costos de materiales

Material	Medida	Costo	Notas
Polipropileno	2.20 x 1.20 [m]	\$ 2,800.00	Sirve para más de 2 sockets.
EVA	1.20 x 1.00 [m]	\$ 400.00	Sirve para más de 2 sockets.
Velcro	1.00 [m]	\$ 20.00	
Solera	¼ - ¾ ; 3.60 [m]	\$ 300.00	Sirve para más de 2 soportes.
Caucho	1 par de suelas	\$ 60.00	Sirve para más de 2 soportes.
		\$ 3,580.00	