

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE MUSCULATURA ESPECÍFICA PARA
ESCALADA DEPORTIVA

AURA MARÍA BRAVO ZÚÑIGA
JUAN DAVID PARRA PATIÑO

Universidad Icesi
Facultad de Ingeniería
Programa de Diseño Industrial
Santiago de Cali
2017

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO DE MUSCULATURA ESPECÍFICA PARA
ESCALADA DEPORTIVA

AURA MARÍA BRAVO ZÚÑIGA
JUAN DAVID PARRA PATIÑO

Proyecto de grado

Luz América Martínez
Diseñadora industrial

Universidad Icesi
Facultad de Ingeniería
Programa de Diseño Industrial
Santiago de Cali
2017

Índice

ÍNDICE	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE ILUSTRACIONES	6
LISTA DE ANEXOS	7
GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	8
ABSTRACT.....	1
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
FICHA TÉCNICA.....	4
PROBLEMA	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
<i>ENUNCIADO DEL PROBLEMA</i>	6
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	7
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	7
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
VIABILIDAD	10
VIABILIDAD	10
LUGAR O ESPACIO	10
TIEMPO.....	10
FINANCIACIÓN	10
METODOLOGÍA.....	10
MARCO TEÓRICO.....	12
CAPÍTULO 1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SECCIÓN 1.1	13
SECCIÓN 1.2.....	13
CAPÍTULO 2	15
SECCIÓN 2.1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SECCIÓN 2.2.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO 3	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SECCIÓN 3.1	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SECCIÓN 3.2	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TRABAJO DE CAMPO Y RESULTADOS..... 34

DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL 36

HIPÓTESIS DE DISEÑO	38
PROMESA DE VALOR	38
DETERMINANTES	38
REQUERIMIENTOS Y PRINCIPIOS	39
PRINCIPIOS DE DISEÑO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS DE USO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS O DE MERCADO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
REQUERIMIENTOS LEGALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CONCEPTO	40
PROCESO DE PROPUESTA	40
PROPUESTA	40
ASPECTOS DE MERCADO Y MODELO DE NEGOCIO	41
ASPECTOS DE FACTORES HUMANOS	42
ASPECTOS PRODUCTIVOS	44
ASPECTOS DE COSTOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ASPECTOS DE IMPACTO (PESTA)	55

CONCLUSIONES..... 56

BIBLIOGRAFÍA..... 57

ANEXOS/APÉNDICES..... 59

ANEXO 1. CRONOGRAMA..... 59

LISTA DE TABLAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE ILUSTRACIONES

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

LISTA DE ANEXOS

Anexo x.....

Anexo x.....

GLOSARIO Y ABREVIACIONES

Término 1: Explicación término 1

Sigla 1: Explicación sigla 1

Término 2: Explicación término 2

Sigla 2: Explicación sigla 2

Término 3: Explicación término 3

Sigla 3: Explicación sigla 3

Término 4: Explicación término 4

ABSTRACT

Purpose – The purpose of this project is to develop a training system for climbers that allows them to have a complete and specific training outside de climbing gyms, that due to the increasing popularity of this sport and the limited schedules they offer, are not fulfilling the climbers necessities related to training volumes.

Design/methodology/approach - In order to achieve so, a literature review was performed to determine the relevant techniques and body positions in this sport. This was complemented with field work that helped to establish the project's focus; climbers in early stages, and even experienced ones, present fatigue mainly in the forearm and finger's area.

Findings – This muscles are not very used on daily tasks, nor trained in standard gym routines. Also existing elements oriented to train this area are not very similar to the real experience of climbing regarding body and extremities positions.

Practical implications – therefore there is an opportunity to innovate in this field, also is a relative new sport with an increasing popularity, which is another advantage for the project.

Originality/Value – The value is to create a system that offers a complete and specific training in order to athletes to improve their performance by being able to train in contexts different from boulder gyms or natural rock.

Keywords – Climbing, sport, training, forearm, strength, resistance, industrial design.

RESUMEN

Propósito - El propósito de este Proyecto es desarrollar un Sistema que permita a los escaladores tener un entrenamiento completo y específico por fuera de los gimnasios de escalada, que debido a la creciente popularidad de este deporte y a los horarios limitados que manejan, no satisfacen completamente las necesidades de los escaladores en cuanto a volumen de entreno.

Metodología - Para lograr lo anterior se realizó una investigación de trabajos académicos acerca del tema para determinar las técnicas y posiciones corporales más relevantes en este deporte.

Esto, complementado con el trabajo de campo realizado permitió establecer el enfoque del proyecto, los escaladores principiantes, e incluso otros con más

experiencia, presentan fatiga en especial en la zona del antebrazo, manos y dedos.

Resultados - Los músculos de esta zona son poco usados en tareas diarias y poco entrenados en las rutinas convencionales de gimnasio, además los elementos existentes orientados al entrenamiento de esta área no son muy similares a la experiencia real de escalar en cuestiones de posiciones del cuerpo o las extremidades.

Implicaciones prácticas - es por esto que existe un espacio de oportunidad de innovación en este campo. Además se trata de un deporte relativamente nuevo pero que ha presentado un gran incremento en su popularidad, lo cual representa otra ventaja para el proyecto.

Originalidad y valor de la investigación - El valor consiste en ofrecer un sistema que brinde la posibilidad de tener un entrenamiento completo y específico, de tal forma que los atletas puedan mejorar su rendimiento al tener la posibilidad de entrenar en contextos diferentes a los gimnasios de escalada o roca natural, que presentan limitaciones por diferentes motivos.

Palabras claves - Palabras clave – Escalada, deporte, entrenamiento, antebrazo, fuerza, resistencia, diseño industrial.

INTRODUCCIÓN

La temática abordada se relaciona con el deporte, específicamente con la escalada deportiva. Esta disciplina, recientemente incluida en los Juegos Olímpicos que tendrá su debut en Tokio 2020 (IFSC, 2016), se encuentra aún en desarrollo en nuestro país, lo cual representa una oportunidad para el proyecto.

Se conoce el potencial innovador del diseño en los deportes y para los atletas en cuanto a rendimiento, gracias a esto se rompen cada vez más records y se imponen nuevos límites a superar.

El siguiente documento busca estructurar el planteamiento del proyecto de grado de Diseño industrial, presentando los aspectos más importantes, situaciones, alcances, actores, contextos y problemáticas, así como la metodología, plazos y preguntas de investigación.

Específicamente se quiere mejorar el rendimiento de los escaladores de iniciación y nivel medio (mayores de 16 años) (Birute y Rainer, 2007), interviniendo los entrenamientos en aspectos tanto físicos como técnicos propios de la escalada, en contextos externos a los escenarios deportivos, ya que según Campoverde (2010) entre más específico sea el entrenamiento para un deporte dado, más aportará a incrementar el rendimiento.

El proyecto en su totalidad abarcará el lapso de un año, el primer semestre enfocado a la parte investigativa y el segundo al desarrollo de la propuesta de diseño.

FICHA TÉCNICA

Problema

Planteamiento del problema

Antecedentes

La escalada en Colombia concebida deportivamente es relativamente joven, la federación Colombiana de escalada deportiva se estableció en el 2012 para permitir a los atletas nacionales representar al país en competencias internacionales (FCDME, 2012).

Como se ve el proceso de desarrollo ha sido constante, y con su inclusión en los Juegos Olímpicos se espera que el apoyo y el desarrollo sea cada vez mayor.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, los escenarios son limitados, en Cali actualmente existen 7 clubes, dos de los cuales tienen como sede el Rocódromo Mundialista, en general los horarios de atención son restringidos, las diferentes sedes prestan servicio en promedio 5 horas al día, y solamente el rocódromo mundialista construido en el 2013 para los Juegos Mundiales cuenta con la infraestructura para las modalidades de dificultad y velocidad, los demás escenarios son para la práctica de la modalidad de Boulder.

Se evidencia que debido a esto y a las diferentes obligaciones de los escaladores, en especial en edades universitaria y laboral, se dificulta cumplir con los volúmenes de entreno recomendados (mínimo 4 o 5 sesiones semanales) **(Entrevista a Alejandro Hernández, Entrenador del Club de escalada Arawata con 15 años de experiencia).**

Adicionalmente, la escalada es un deporte que requiere fuerza muscular muy específica, según Furrer y Schweizer (2007) la fuerza del antebrazo se relaciona directamente con el rendimiento en este deporte, asimismo, esta práctica implica aspectos técnicos que son difíciles de emular y entrenar en otros contextos deportivos como gimnasios. Es en este punto donde se enfocará el proyecto, buscando complementar los entrenamientos de deportistas que quieran mejorar su nivel deportivo en general, sin que se vean afectados por la disponibilidad limitada de los espacios físicos destinados a esta disciplina.

Por lo tanto, el proyecto se centrará en generar un sistema que permita el entrenamiento específico de esta zona, para aportar al mejoramiento del rendimiento deportivo, ya que a pesar de que existen elementos enfocados al fortalecimiento de esta área, satisfacen pobremente las necesidades reales de un entrenamiento completo y específico para escalada.

Delimitación

El proyecto se enfocara en un entrenamiento específico para manos, dedos y antebrazos, que como ya se expuso son áreas clave para el deporte.

Se busca generar un sistema que permita el entrenamiento por fuera de los escenarios deportivos tradicionales (muros artificiales o roca natural), en este caso se llegará hasta la fase de prototipo ya que se trata de un proyecto académico.

Los usuarios a los que está dirigido el proyecto son escaladores tanto hombres como mujeres, con intereses competitivos, ya que estos son los que más volumen de entreno requieren, por lo tanto son los que más se ven afectados por la problemática.

En cuanto a edades, el proyecto se enfoca a escaladores mayores de 16 años, y menores de 35, ya que este es el rango que abarca la etapa competitiva, además no es recomendable que los niños menores de 16 años tengan entrenamientos intensivos pues podría afectar el correcto desarrollo del deportista (Birute y Rainer, 2007).

En cuanto a etapas, se busca generar un entrenamiento completo incluyendo fase de calentamiento, fortalecimiento, trabajo técnico y de resistencia.

En escalada el cuerpo se encuentra en diferentes ángulos en relación al suelo, esto en parte condiciona el tipo de movimientos que se hacen y la dificultad que representan, por lo que son un punto a considerar, se pretende permitir el trabajo tanto en vertical como diferentes niveles de inclinación.

También los agarres son un punto que se relaciona directamente con el enfoque, por lo que incluir los principales tipos de agarres es importante.

Se busca permitir también el entrenamiento de las técnicas más usadas en escalada que son tracción corta, y bloqueo corto, realizados por la extremidad superior y progresión corta, y equilibrio corto, de la extremidad inferior (De Benito et al, 2012).

Finalmente, en cuanto a tipo de entrenamiento, se pretende abarcar tanto de fuerza máxima, como de fuerza resistencia, ya que ambos resultan relevantes para la mejora del rendimiento en este deporte (Campoverde, 2010).

Consecuencias

Una consecuencia importante de la falta de entreno es falta de condición física, que es “la suma o combinación de todas las capacidades físicas determinadas para el rendimiento” (Coldeportes, 2016).

Esta deficiencia puede desencadenar en lesiones, según Asghar, Jones y Llewellyn (2008), el 28% de las lesiones se producen por movimientos enérgicos, además en la escalada deportiva 87,7% de las lesiones se dan en el tren superior, siendo las más comunes la de mano (37,7%), hombro (22,1%) y codo (15,6%) (Castillo y Vizcaíno, 2012).

Por otro lado está la desmotivación que produce no ver avances. Por último, la misma falta de condición física también limita los tiempos de entreno por la falta de resistencia muscular y fatiga principalmente en el antebrazo.

Por esas razones es importante intervenir en ese aspecto, ya que al ser un deporte tan nuevo en nuestro país carece de buena organización y apoyo gubernamental, y los escenarios disponibles no satisfacen las necesidades que permitan una masificación del deporte y se dificulta la formación de deportistas con proyección de alto rendimiento.

Enunciado del problema

Existe una carencia de posibilidades de entreno específico por fuera de los espacios deportivos tradicionales de escalada para atletas de iniciación o nivel intermedio con intereses competitivos en la ciudad de Cali.

Preguntas de investigación

- ¿Cómo se puede entrenar sin correr el riesgo de sufrir una lesión por mala ejecución del ejercicio sin necesidad de la supervisión de un entrenador?
- ¿Cuántas horas a la semana es recomendado entrenar para evidenciar mejoras en el rendimiento?
- ¿De qué etapas se compone un entrenamiento convencional de escalada?
- ¿Cuáles son las capacidades físicas más importantes que influyen directamente en el rendimiento en este deporte y cómo se pueden entrenar?
- ¿Cuáles son las formas más efectivas de lograr un entrenamiento efectivo para fortalecer los dedos y antebrazos para la práctica de la escalada?
- ¿Cuáles son las principales técnicas o movimientos que se realizan en este deporte y cómo pueden entrenarse?
- ¿Cuáles son las formas en las que se puede medir el aumento del rendimiento sin necesidad de elementos complejos de medición?
- ¿Qué características fisiológicas, antropométricas y biomecánicas definen el perfil de los escaladores, tanto principiantes como de alto rendimiento?

Hipótesis de la investigación

H1: La relevancia de un entrenamiento está ligada al nivel de similitud con la práctica deportiva como tal, esto está determinado por la posición del cuerpo y las extremidades en la realización del ejercicio y las cargas empleadas.

H2: Los deportistas de escalada por diferentes factores como las obligaciones diarias y las limitaciones de los escenarios deportivos no cumplen con los volúmenes de entreno recomendados para presentar mejoras notorias y relevantes en el rendimiento.

H3: Los entrenamientos específicos que trabajan la zona de dedos y antebrazo influyen directamente en la mejora del rendimiento en escalada.

H4: El nivel de escalada mejora más eficientemente en la medida en que se trabajan las diferentes capacidades físicas (fuerza, resistencia y potencia).

Justificación

La poca disponibilidad horaria que manejan los diferentes clubes de escalada en la ciudad (en promedio prestan su servicios 5 horas al día) ocasiona que los entrenamientos se puedan ver limitados por las diversas obligaciones diarias que presenten quienes practican esta disciplina.

La necesidad radica en una forma de suplir la poca disponibilidad de escenarios deportivos para poder tener un entrenamiento completo que permita visualizar avances, ya que según una encuesta realizada por una revista especializada en este deporte a más de 900 escaladores en el país, solo un 20% de los practicantes de este deporte se acercan a los volúmenes de entreno recomendados (La Piola, 2015).

Se sabe además que el diseño industrial con su aporte en cuanto a innovación es un factor que ha permitido el crecimiento del ámbito deportivo en general, y en la escalada específicamente se ha desarrollado mucho en cuanto al equipamiento para la práctica deportiva, sobretodo en calzado e implementos de seguridad, sin embargo en relación con los entrenamientos se ha quedado corto y hay un espacio de oportunidad susceptible de ser intervenido.

Por otro lado, la escalada es un deporte que representa gran oportunidad, pues no solo fue incluido recientemente en los Juegos Olímpicos, sino que hace parte de la creciente tendencia del fitness, pues su práctica involucra todo el cuerpo y es un excelente ejercicio para mejorar la condición física, por lo que se espera que aumente el número de practicantes.

Como se ha mencionado anteriormente, el enfoque es la zona del antebrazo y manos, siendo éstas las más utilizadas en este deporte en los movimientos de tracción corta, bloqueo corto y los agarres (De Benito et al., 2011, p.39).

Adicional a esto, según un estudio realizado se observó que los entrenamientos específicos tienen relevancia en cuanto al incremento del rendimiento.

Esto se evidencia en que en un lapso de 10 semanas de incluir un entrenamiento específico de fuerza de escalada se observó un incremento de más del 60% (en comparación con el grupo control que no realizó este entrenamiento) en el tiempo de suspensión en barra y repeticiones máximas de contracciones del antebrazo, ambos ejercicios base para la mayoría de movimientos en este deporte (De Benito et al., 2007, p.72).

Lo anterior demuestra el potencial que este tipo de entrenamientos específicos tiene para mejorar el rendimiento.

Finalmente, teniendo en cuenta la creciente comunidad escaladora en Cali, se quiere complementar el entrenamiento fuera de los espacios deportivos, buscando incrementar la fuerza, resistencia y potencia en la zona mencionada, e incorporando movimientos técnicos específicos del deporte como agarres y principios de movimiento (Hepp, Güllich y Heidor, 2005).

Lo anterior representaría una oportunidad de crecimiento para el deporte y sería una palanca para obtener más apoyo gubernamental y generar un semillero de deportistas que a largo plazo tengan proyección mundial e incluso olímpica.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema que ayude a mejorar el rendimiento de deportistas de escalada al permitir realizar un entrenamiento específico para dedos y antebrazo en contextos diferentes a los escenarios deportivos tradicionales para este deporte.

Objetivos específicos

- Generar un elemento que pueda ser usado en un contexto doméstico o externo a los escenarios deportivos tradicionales.
- Ofrecer el uso de los 4 principales tipos de agarres (Pinza, plat, regleta, guaca).
- Garantizar un entrenamiento específico para la zona de dedos y antebrazo.
- Permitir variación de cargas para ofrecer entrenamientos tanto de fuerza como de resistencia.

Viabilidad

Viabilidad

Lugar o espacio

La investigación se realizará tanto revisando la literatura existente como por medio del trabajo de campo, gracias al acceso a Arawata, un club de escalada al sur de la ciudad de Cali, en el cual se pretende obtener información necesaria para realizar el proyecto, bien sea primaria a partir de la observación o secundaria a través de entrevistas a expertos en el tema como lo pueden ser escaladores de gran recorrido o entrenadores. También se cuenta con la disponibilidad para realizar las respectivas pruebas de mercado y validaciones con usuarios necesarias para desarrollar la propuesta.

Tiempo

Se cuenta además con otros recursos importantes como tiempo, pues se puede acceder al contexto mencionado semanalmente, adicional a esto se tiene un cronograma que permite una visualización de los objetivos con sus respectivos plazos para llevar a cabo las diferentes actividades necesarias tanto para la investigación como para el desarrollo de la propuesta.

Financiación

En cuanto a recursos económicos en la etapa de investigación corresponde principalmente a costos de transporte que ya están resueltos. Los recursos

económicos para el desarrollo y diseño están enfocados principalmente al prototipado para realizar pruebas con los usuarios y finalmente para la elaboración del prototipo final. La viabilidad económica del producto como tal se explicará en más detalle en la sección de modelo de negocio.

Metodología

En cuanto a la metodología, se basará principalmente en investigación descriptiva, pues como ya se mencionó el acceso a información académica al respecto es algo limitado, por lo que es necesario generar la información de primera mano a partir de la observación directa de la actividad.

Para ello se realizarán visitas semanales al club Arawata, donde se realizará trabajo de observación, complementado con encuestas dirigidas a los escaladores en las cuales se indague sobre tiempos y frecuencia de los entrenos, historial competitivo, de lesiones y preguntas de tipo cualitativo en torno a los movimientos, técnicas y musculatura relacionados con el deporte.

También existe la posibilidad de experimentar de primera mano la actividad, viviendo el papel de deportistas en iniciación, que son uno de los usuarios objetivos del proyecto.

Por otro lado, se busca realizar entrevistas con el entrenador de este club, Alejandro Hernández, ya que con su trayectoria de 8 años es una valiosa fuente de información, pues no solo vive la situación desde su rol de entrenador sino que lleva años practicando la escalada.

En las primeras etapas se tratará de una investigación básica pues se busca, a partir de la observación, generar conceptos y conocimientos teóricos.

En todo caso, inicialmente será un estudio exploratorio donde se quiere generar una familiaridad con el contexto y las diferentes situaciones, actores y dinámicas que lo componen.

Lo cual permitirá formarse una imagen completa de lo que representa este deporte y aquellos aspectos más relevantes en relación al proyecto.

Finalmente, esto será de gran utilidad para explicar de manera detallada los entrenamientos de escalada y su relación con las diferentes habilidades que se desarrollan, músculos involucrados, movimientos técnicos y demás componentes de esta disciplina deportiva.

En este caso no se trata de una investigación experimental, pues se busca observar y comprender la realidad actual de la escalada en cuanto a entrenamientos, a diferencia de la segunda etapa del proyecto, que involucra la

evaluación de la propuesta de diseño generada, donde se deberán medir sus resultados bajo un entorno controlado para poder observar y determinar si efectivamente se cumple con los objetivos propuestos.

Paralelamente a lo anterior se debe realizar una investigación bibliográfica acerca de la biomecánica y otros aspectos relacionados con las ciencias aplicadas al deporte, pues esto servirá de sustento y complemento teórico de lo que se pueda obtener en las investigaciones de campo.

En este punto se busca tener acceso a profesionales calificados y conocedores en estos temas como lo son fisioterapeutas y otros profesionales relacionados con las ciencias del deporte.

Las herramientas a utilizar en el trabajo de campo son en las primeras etapas análisis de la actividad, mapas de comportamiento, time-lapse video y fly on the Wall. Posteriormente una vez se tuvo un panorama general de la actividad y el contexto se emplearon otras herramientas que involucraran la interacción con los usuarios como dibujar la experiencia, mapas cognitivos, card sort y Word concept association. Y finalmente para confirmar algunos de los datos hallados se pretende realizar una encuesta en línea dirigida a escaladores, en la cual se busca obtener al menos 50 respuestas para tener información significativa.

Por otro lado para la metodología de la etapa de diseño se trabajó con presentaciones periódicas donde cada vez se adicionaban temas relativos al producto como costos, modelo de negocio, análisis de impacto, etc. Esto permitió ir evolucionando la propuesta hasta conseguir el resultado final. Paralelamente se desarrollaban prototipos de baja resolución para ir validando diferentes aspectos de diseño, usabilidad, mecanismos, materiales, etc.

MARCO TEÓRICO

Como ya se mencionó al inicio del documento, el proyecto está centrado en la zona del antebrazo y mano de escaladores deportivos, por esta razón en el marco teórico en primera instancia se aborda el tema de qué es la escalada y cuáles son sus diferentes estilos y modalidades, haciendo un análisis comparativo en cuanto a la relevancia o papel que juega la zona mencionada en cada una de estas modalidades.

En segundo lugar se pretende exponer a grandes rasgos la situación actual de la escalada en Colombia, para posteriormente hacer una descripción de los usuarios, es decir los escaladores colombianos, y su perfil sociodemográfico, y características específicas para el deporte.

Posteriormente se describirán los escenarios y las características que estos deben cumplir, ya que es importante que la propuesta de diseño considere esos aspectos de normativa.

Finalmente se realizará una descripción completa de los diferentes entrenamientos que pueden realizarse, analizando los pros y los contras que presentan, así como las lesiones más frecuentes, sus causas, consecuencias, y formas de prevención.

1. Escalada

1.1 ¿Qué es escalada?

La escalada, en su sentido más amplio, es una actividad que envuelve al cuerpo en un juego de movimiento y creatividad buscando vencer la fuerza gravitacional, es un reto vertical, pero también es conectarse con la naturaleza, con responsabilidad y respeto.

En un sentido más técnico, como lo describe De Benito et al. (2011) de acuerdo a lo dicho por Colorado (2001), se trata de una secuencia de movimientos, cuyo objetivo es el desplazamiento del centro de gravedad del cuerpo en la dirección del avance (ascenso, descenso o travesía) y el mantenimiento del equilibrio. Se considera escalada cuando, debido a la inclinación del terreno, se requiere el uso de las extremidades superiores para poder avanzar.

Güllich, Heidorn y Hepp (2001) mencionan que en la mayoría de modalidades de escalada, todo esto se realiza mediante el esfuerzo propio, haciendo de los relieves naturales de la roca como apoyos y agarres, la ayuda de medios externos (cuerdas, mosquetones y anclajes) se limita a brindar seguridad en caso de caídas y la progresión se realiza sin ayuda de elementos adicionales.

A continuación se verá que existen diferentes tipos de escalada, y que cada uno presenta particularidades ya sea en equipo empleado, alturas a escalar o formas de realizar el ascenso.

1.2 Tipos o modalidades de escalada

La escalada se concibió inicialmente como una actividad al aire libre, sin embargo la práctica en la naturaleza presenta limitaciones, por ello surge la escalada en paredes artificiales conocidas como rocódromos, los cuales han tenido buena acogida en las ciudades.

La clasificación de los tipos de escalada puede realizarse con base en el medio donde se realiza o con base en las características del ascenso (ver fig.1). El proyecto se centrará básicamente en la escalada deportiva de competición, que se

realiza en muros artificiales. Esta a su vez se compone de 3 modalidades, velocidad, dificultad y Bloque. Cada una de las cuales tiene diferentes características.

Sin embargo no se pretende excluir otras modalidades de escalada como la escalada en roca, el Boulder en exteriores o el Psicobloc, que son disciplinas también practicadas en nuestro país, incluso por aquellos deportistas dedicados a la competición. Esto se determinó considerando las similitudes que presentan estos estilos, en especial en cuanto al uso de antebrazos y manos.

A continuación se profundizará en la escalada de competición y sus diferentes modalidades.

1.2.1 Escalada deportiva de competición

El origen de las competencias de escalada se dio gracias a encuentros y concentraciones que comenzaron a realizar los escaladores de dificultad con el fin de compararse y tratar de superar los límites establecidos hasta el momento. Como podemos ver, a pesar de que nace como una actividad de reto personal y disfrute de la naturaleza, genera esa competitividad y querer superarse no solo a uno mismo, sino a los demás.

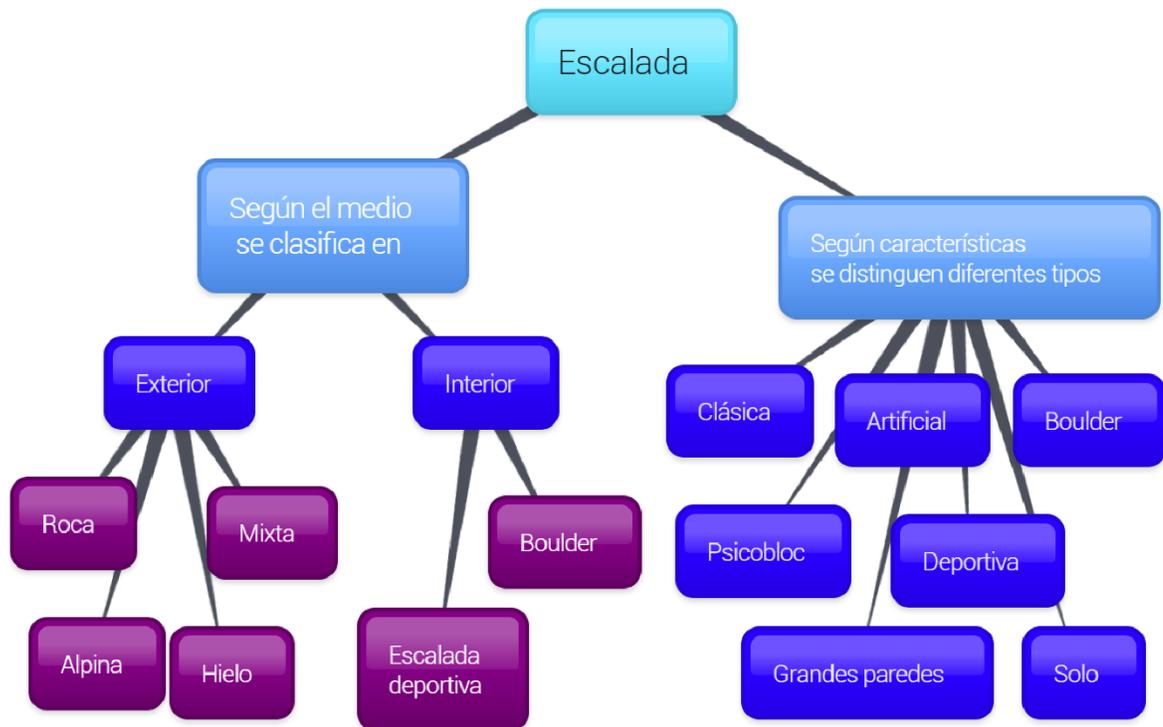


Fig. 1. Clasificación de los tipos de escalada. Fuente: Gülich, Heidorn y Hepp (2001).

Existen 3 modalidades de competencia, dificultad, bloque y velocidad (las dos primeras son homólogas de la escalada deportiva y el Boulder respectivamente) (FEDME, 2012).

Las competencias cuentan con la rama masculina y femenina, y de acuerdo a la edad existen diferentes categorías. Para competencias internacionales oficiales de la IFSC las categorías son juvenil y libre.

La descripción de las modalidades en los siguientes puntos se realizó de acuerdo a lo estipulado en el reglamento actualizado de la IFSC (2016).

1.2.1.1 Velocidad

En esta competencia, la escalada se realiza con una cuerda previamente instalada al punto más alto de la ruta, el tiempo que tarda el escalador en completar el recorrido determina el ranking.

En cuanto a la infraestructura, las rutas tienen lugar en un muro artificial de 15 mt de altura, con presas oficiales de la IFSC.

1.2.1.1 Dificultad

Las competencias de dificultad tienen lugar en un muro especialmente diseñado, de mínimo 12 metros de altura, la ruta establecida debe tener al menos 3 metros de ancho en su recorrido y 15 metros de largo.

La seguridad se brinda desde la base de la ruta por una persona autorizada, y los escaladores van asegurándose a lo largo de esta mediante mosquetones ubicados en puntos específicos.

El ranking se determina por la altura alcanzada por cada competidor.

1.2.1.2 Boulder

Esta modalidad consiste en escaladas cortas, por esta razón se realiza sin elementos de seguridad como arneses y cuerdas. La protección la brinda una superficie blanda en la base del muro.

El ranking está determinado por la cantidad de rutas completadas por cada escalador.

Los muros destinados a este tipo de competición deben poder abarcar al menos 10 rutas independientes, con el fin de poder realizar escaladas simultáneas.

Tipo	Medio	Características	Capacidad física	Punto crítico
Deportiva	Natural/artificial/ Competencia	Rutas establecidas por mosquetones en la ruta.	Resistencia y fuerza	Fatiga en dedos y antebrazo, fuerza general
Boulder	Natural/artificial/ Competencia	Poca altura, pocos movimientos pero de gran dificultad.	Potencia y fuerza	Fuerza en brazos, core, footwork
Psicobloc	Natural/artificial/ Competencia	Sin seguridad, altura cercana a los 20 mt, sobre cuerpos de agua.	Resistencia y fuerza	Psicológica, resistencia y fuerza en brazos
Clásica	Natural	La seguridad la instala el escalador a medida que avanza.	Resistencia y fuerza	Resistencia general
Artificial	Natural	Se emplean elementos que asisten el ascenso.	Resistencia	Cantidad de equipo necesario
Grandes paredes	Natural	Duran más de un día, grandes alturas. Se duerme en la roca.	Resistencia	Resistencia general
Free solo	Natural	Grandes alturas sin ningún tipo de seguridad, poco practicada.	Resistencia y fuerza	Gran fortaleza física y mental, vida en juego
Velocidad	Artificial en competencia	Modalidad exclusiva de la escalada deportiva competitiva.	Potencia	Potencia en tren superior e inferior

Fig. 2. Comparación diferentes tipos de escalada.

1.2.2 Niveles de dificultad

Existen varias escalas para medir el nivel de dificultad de las rutas, los más aceptados son el sistema americano, el francés, el alemán y el australiano (Güllich, Heidorn y Hepp, 2001).

Los criterios básicos empleados para determinar el nivel son la dificultad técnica de los movimientos, la distancia del recorrido, los tipos de agarre, la inclinación de la pared, las capacidades físicas requeridas (como fuerza y resistencia), y el riesgo al que se expone el escalador, sin embargo cabe resaltar que se trata de clasificaciones subjetivas (Delgado, 2014) (Ver fig. 3).

Esta gradación de dificultad es una herramienta útil pues ayuda a visualizar la mejora en el rendimiento, por lo tanto es una medida que se puede emplear para validar la propuesta.

USA	UK Tech	UK Adj	French	UIAA	Australian
5.5		VD			
5.6	4a	S			
5.7	4b	HS			
5.8	4b	VS	5a	6-	16
5.9	5a	HVS	5b	6	17
5.10a		E1	5c	6+	18
5.10b	5b		6a		19
5.10c		E2		7-	20
5.10d	5c		6b	7	21
5.11a		E3		7+	22
5.11b			6c		23
5.11c	6a	E4		8-	24
5.11d			7a	8	25
5.12a		E5		8+	26
5.12b	6b		7b	8	25
5.12c		E6		9-	27
5.12d	6c		7c	9	28
5.13a		E7		9+	29
5.13b			8a		
5.13c	7a			10-	30
5.13d		E8	8b	10	31
5.14a				10+	32
5.14b	7b		8c		
5.14c		E9		11-	33
5.14d	7c		9a	11	
5.15					

Fig. 3. Grados de dificultad en escalada deportiva. Fuente: Rock Climbing For Life (2011).

1.3 Escalada en Colombia

La escalada en Colombia concebida deportivamente es relativamente joven, la primera federación se estableció en el 2009, sin embargo, debido a los intereses competitivos de algunos escaladores, una nueva federación fue constituida en el 2012 para que los atletas colombianos pudieran representar al país en certámenes internacionales (FCDME, 2012).

Es así como la escalada comienza a establecerse en el 2012, y el proceso de desarrollo ha sido constante, en el 2013 la realización de los Juegos Mundiales en la ciudad de Cali representó un gran aporte, pues ahora esta ciudad cuenta con un escenario de talla mundial para la práctica de este deporte, y con su inclusión en los Juegos Olímpicos se espera que el apoyo y el desarrollo sea cada vez mayor.

Las ciudades donde la escalada tiene mayor acogida y además se practica a nivel competitivo son: Bogotá, Cali, Medellín, Chía e Ibagué (FCED, 2015).

1.4 Equipamiento

El equipamiento en escalada varía de acuerdo al estilo a realizar. En general se puede distinguir el equipo básico (Ver fig. 5) que consta de un calzado especial conocido como pies de gato o simplemente gatos, y magnesio con su respectiva talquera.

También existe el equipo de seguridad, que se compone principalmente de arnés, cuerda, cintas con mosquetones y en ocasiones casco (Ver fig. 6.). Este se usa para el aseguramiento convencional, que consiste en chapas ubicadas permanentemente en la ruta y el escalador se asegura mediante los mosquetones a medida que avanza.

Por otro lado, existe equipo especial de seguridad usado en escalada clásica, donde no existen seguros fijos a lo largo de la ruta, por lo que el escalador debe instalarlos él mismo o usar seguros temporales como poleas.

Tipo	Seguridad	Equipo
Deportiva	Convencional	Básico y seguridad
Boulder	Crash pad	Básico
Psicobloc	Ninguna	Básico
Clásica	Instalación propia	Básico, seguridad temporal
Artificial	Instalación propia	Básico, seguridad temporal y ayudas
Grandes paredes	Convencional	Básico, seguridad, descanso
Free solo	Ninguna	Básico
Velocidad	Top rope	Básico

Fig 4. Comparación equipamiento.



Fig. 5. Equipamiento básico.



Fig. 6. Equipamiento básico de seguridad.

2. Actores

En este punto se busca describir a los escaladores, desde características generales como su perfil sociodemográfico, hasta el perfil antropométrico y fisiológico del escalador deportivo.

A pesar de que los entrenadores son otro actor relevante para el proyecto, la información disponible al respecto es casi nula, se observa que en su mayoría se trata de escaladores con muchos años de experiencia, algunos ni siquiera tienen formación profesional deportiva, pero gracias a los conocimientos adquiridos escalando asistiendo a competencias nacionales e internacionales, y a través de una formación autodidacta cuentan con las capacidades de cumplir con el rol de entrenadores. Además buscan mantenerse actualizados a través de publicaciones especializadas, e información generada por escaladores expertos de otros países que comparten sus conocimientos por medio de blogs u otros medios digitales.

2.1 Perfil sociodemográfico

La información presentada a continuación se basa en una encuesta realizada a 915 escaladores colombianos por la revista La Piola en el año 2015, en ella se expone el perfil sociodemográfico, así como temas específicos de escalada como lo son tipo de escalada practicada, frecuencia, años de experiencia etc.

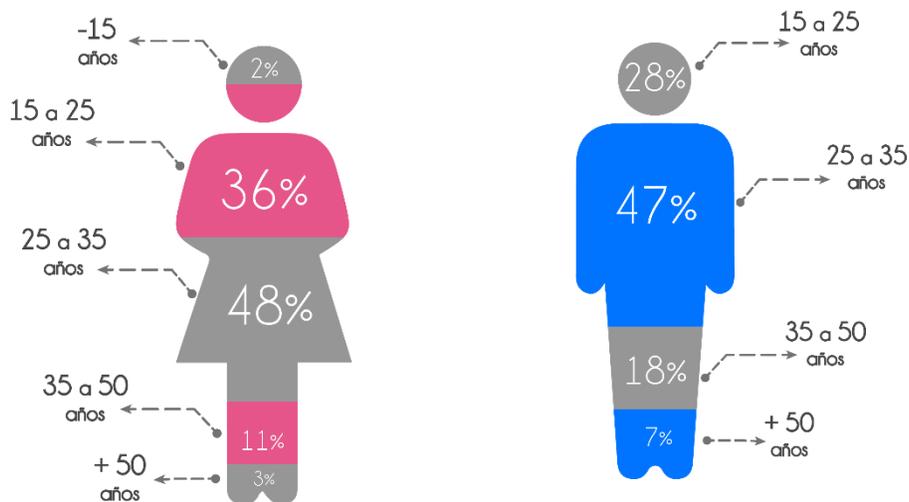


Fig. 7. Rangos de edades de acuerdo al sexo. Fuente: La Piola, 2015.

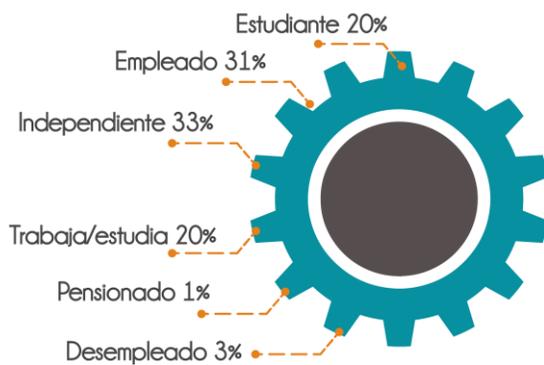


Fig. 8. Ocupaciones. Fuente: La Piola, 2015.

En primer lugar se establecen los rangos de edades discriminados de acuerdo al sexo, se observa por ejemplo que la población escaladora femenina tiende a ser más joven, lo cual permite proyectar que aunque actualmente la rama masculina domina este deporte, la femenina cobrará relevancia en los próximos años (Ver fig. 7).

También se muestra que la gran mayoría de los escaladores tienen ocupaciones diarias como estudiar o trabajar e incluso ambas (Ver fig.8). Lo cual claramente influye en los tiempos disponibles para dedicar al entrenamiento.

Otro aspecto que cabe destacar son las modalidades más populares, la escalada deportiva lleva la delantera, pues es practicada por un 58% de los escaladores colombianos, otra modalidad importante es el Boulder con el 48% de participación y finalmente la escalada tradicional con un 42%. Es necesario mencionar que los porcentajes no suman 100% ya que no son excluyentes entre sí, pues un mismo escalador puede practicar varios estilos (Ver fig. 9).

Otras modalidades de mayor complejidad logística como la escalada artificial o de grandes paredes no son tan populares en nuestro país debido al alto grado de especialización requerido.

También se observa que cerca del 50% le dedican máximo un día semanal a la escalada, mientras que un 34% oscila entre uno y 4 días a la semana aproximadamente, y finalmente solo el 20% le dedica más de 4 días, que es lo

recomendado para aquellos deportistas con aspiraciones competitivas (Ver fig. 10).



Fig. 9. Estilos más practicados. Fuente: La Piola, 2015.

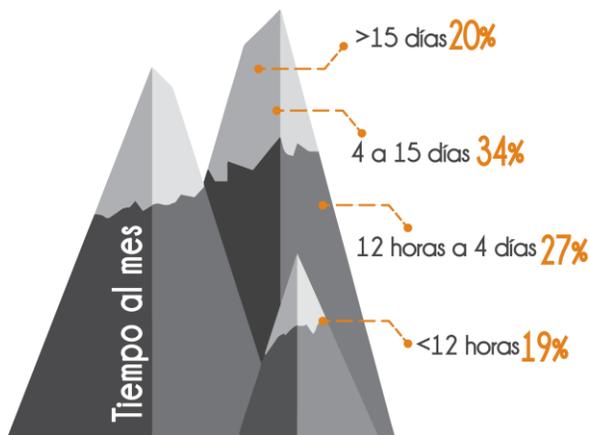


Fig. 10. Tiempo dedicado a la escalada. Fuente: La Piola, 2015.

2.2 Perfil antropométrico y fisiológico

A continuación se presentará una descripción general de los aspectos fisiológicos que resaltan en los escaladores deportivos, esto incluye capacidades físicas como fuerza máxima y fuerza de resistencia, sin embargo estos puntos se describirán con más detalle más adelante en los aspectos biomecánicos del deporte.

En términos generales se puede observar que los escaladores tienen una tendencia a un peso corporal bajo, así como un bajo porcentaje de grasa (España-Romero et al., 2009).

El peso corporal varía aproximadamente entre 62 y 75 kg en los hombres y 50 a 55 kg en las mujeres. En cuanto al porcentaje de grasa corporal se observa que

tiende a ser mayor en las mujeres (12% aproximadamente) en relación a los hombres (cercano al 6%). Sin embargo estos valores varían de acuerdo al nivel de escalada como lo exponen España-Romero et al. “Los valores de %GC varían desde 4,4% hasta 24,8% en hombres y desde 9,6% hasta 26% en mujeres. Las diferencias en los valores de %GC observados en la tabla 2 podrían ser debidas al nivel de escalada de los participantes” (2009).

Vemos que los valores tanto de peso como de índice de grasa corporal tienden a ser bajos en comparación a personas que no practican escalada, esto se debe a que el objetivo del deporte es vencer la fuerza gravitacional, por lo que cualquier peso extra implica mayor esfuerzo, y la grasa es masa que no contribuye a generar ninguna fuerza o movimiento (Kripper y Thumm, 2008).

Por otro lado, no se observa ninguna diferencia significativa comparando el largo de las extremidades entre escaladores y no escaladores (Kripper y Thumm, 2008). Otro aspecto a considerar en el perfil fisiológico de los escaladores es la fuerza y resistencia del tren superior.

Específicamente hablando de la presión manual, muchos estudios coinciden en valores similares, que se aproximan a los 30 kg para las mujeres y 50 kg para los hombres, esta medición se realiza con la ayuda de un dinamómetro manual. Estos valores son significativamente mayores en comparación con población no escaladora, especialmente si se toman en relación al peso corporal (fuerza relativa) (España-Romero et al., 2009).

También resalta una diferencia considerable de casi el doble en cuanto a fuerza de resistencia realizando contracciones isométricas del tren superior entre escaladores y no escaladores (Ferguson y Brown, 1997).

Sobre esto, Ferguson y Brown afirman que “los escaladores podrían tener un índice de fatiga menor con un mejor índice de recuperación en comparación con la población normal no escaladora” (1997).

En cuanto a la flexibilidad, se determina que es importante en escalada para realizar ciertos movimientos, especialmente en la cadera y los hombros, sin embargo los estudios no muestran diferencias muy significativas en este aspecto comparando escaladores élite, principiantes y no escaladores, sin embargo existen pocos estudios que evalúen este aspecto (España-Romero et al., 2009).

2.3 Delimitación

Con base en la información previamente presentada se pretende delimitar el usuario al que el proyecto va dirigido.

En primer lugar, a pesar de que la población masculina domina esta práctica deportiva y a que la mayoría de los estudios realizados en el campo de ciencias

del deporte alrededor de la escalada tienen también más representación masculina, se busca que el proyecto considere por igual medida a las mujeres.

Esto se determinó además, porque como lo explica Alfredo Calderón (profesional en educación física y actual preparador físico de deportistas de alto rendimiento en el centro de medicina de Indervalle) los entrenamientos de fuerza y resistencia son iguales para hombres y mujeres, lo que varía es la carga aplicada, ya sea en peso, series o repeticiones, dependiendo de lo que el deportista pueda manejar, independientemente de su sexo.

Por otro lado, se estableció que el rango de edad será superior a los 16 años, en primer lugar porque la representación de escaladores menores a esa edad es reducida, como se observa en la fig 6. Y en segundo lugar porque no es recomendable que los niños menores de 16 años tengan entrenamientos intensivos, este es un aspecto que debe ser tratado con mucho cuidado pues aplicar un entrenamiento deliberadamente en estas edades podría afectar el correcto desarrollo del deportista (Birute y Rainer, 2007).

De igual forma se estableció un rango de edad máximo de 35 años, esto teniendo en cuenta las mismas consideraciones, por un lado la representatividad poblacional, y por otro lado se observa que este es el rango en el que se mueve la edad competitiva de los escaladores, los de más edad se dedican más que todo a la escalada en roca recreativa o al montañismo.

Por otro lado, el proyecto se enfoca en los escaladores con intereses competitivos en las diferentes modalidades (Dificultad, bloque y velocidad concretamente) que busquen mejorar su rendimiento deportivo, sin embargo no se pretende excluir aquellos escaladores que practiquen estilos no competitivos o que no estén interesados en competición, pues el entrenamiento específico de antebrazo y manos es importante para todos los tipos de escalada.

3. Escenarios

Anteriormente la escalada se realizaba exclusivamente en exteriores, pero se observó que el medio natural sufriría mucho desgaste si las competencias se realizaran en montaña (FEDME, 2012), lo cual iría en contra del Manifiesto del escalador (documento que determina las consideraciones ambientales y sociales que todo escalador debe tener al momento de escalar en zonas naturales) (UIAA, 2016). Por esta razón se estableció que las competencias se realizarían en rocódromos artificiales, los cuales, gracias a avances tecnológicos han evolucionado a lo largo del tiempo.

De acuerdo a lo anterior se distinguen dos medios donde tiene lugar la escalada:

1. Exteriores (Montaña, hielo, acantilados)
2. Interiores (Rocódromos artificiales)

Ahora bien, en relación con el enfoque de la investigación, se encuentran dos elementos que impactan directamente la zona del antebrazo y manos, el primero son los agarres, ya sea los relieves naturales de la roca, o las presas artificiales en la escalada indoor, en segundo lugar está el grado de inclinación del muro, que puede ser vertical (90°), o desplomado (ángulo mayor a 90°).

En el anexo 1 se muestran algunos de los muchos tipos de agarres que existen, en relación con las clases de movimientos y exigencia que representa cada tipo de presa para el antebrazo y la mano.

En cuanto a las inclinaciones, se distingue básicamente que entre mayor sea la inclinación del muro, se incrementará dificultad en general, y la carga se distribuirá más hacia las extremidades superiores (De Benito, 2012), por lo tanto, entre mayor sea el desplome, mayor será el trabajo para el antebrazo y los dedos.

4. Entrenamientos

Primero que todo se hace necesario definir el concepto de entrenamiento deportivo, en un sentido amplio se entiende como toda enseñanza organizada,



Fig. 16. Inclinación de los muros. Fuente: Península Clarión (2012).



orientada al incremento de las capacidades físicas, técnicas y psicológicas con miras a mejorar el rendimiento de manera rápida (Pérez y Pérez, 2009).

A continuación, se profundizará sobre los diferentes aspectos que constituyen la práctica de la escalada, empezando por la técnica y los aspectos biomecánicos del deporte, analizando los factores de rendimiento y finalizando con las características específicas de los entrenamientos para esta disciplina.

4.1 Técnica

Hablando del deporte en general, la técnica consiste en una secuencia determinada, de tal manera que permita resolver de manera óptima un problema relacionado con el movimiento (Güllich, Heidorn y Hepp, 2001).

En escalada en términos generales, se emplea la técnica para disminuir la cantidad de esfuerzo necesario para avanzar en la ruta. Como lo explican Güllich, Heidorn y Hepp, “Los fundamentos de la escalada contienen conocimientos sobre aprovechamiento racional de leyes biomecánicas, así como principios de cinemática y psicología deportiva” (2001).

Los mismos autores afirman que la función de las técnicas de escalada es “generar una relación óptima entre la superficie de apoyo, el centro de gravedad del cuerpo y las características de la roca/muro” (2001).

En el esquema de la figura 13 se muestra una sinopsis de los movimientos utilizados en escalada, que van desde los más básicos que se aprenden a medida que vamos creciendo, hasta los más elaborados y específicos para el deporte.

Los siguientes párrafos resumen la descripción realizada por Güllich, Heidorn y Hepp (2001) sobre las técnicas de escalada, las cuales se dividen en tres: la de pies, la de agarres y la de equilibrio. La primera resulta sumamente importante, se debe aprender a ubicarlos de forma

consciente, así como buscar aprovechar al máximo el relieve ya sea de la roca o del muro artificial. En la figura 14 se pueden observar las técnicas básicas de pies.



Fig. 14. Técnica de Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).

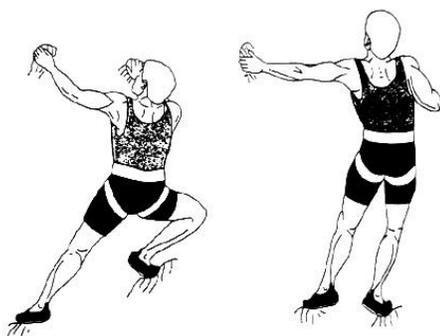


Fig. 15. Técnica superación de piernas. Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).



Fig. 16. Técnica de Dülfer. Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).

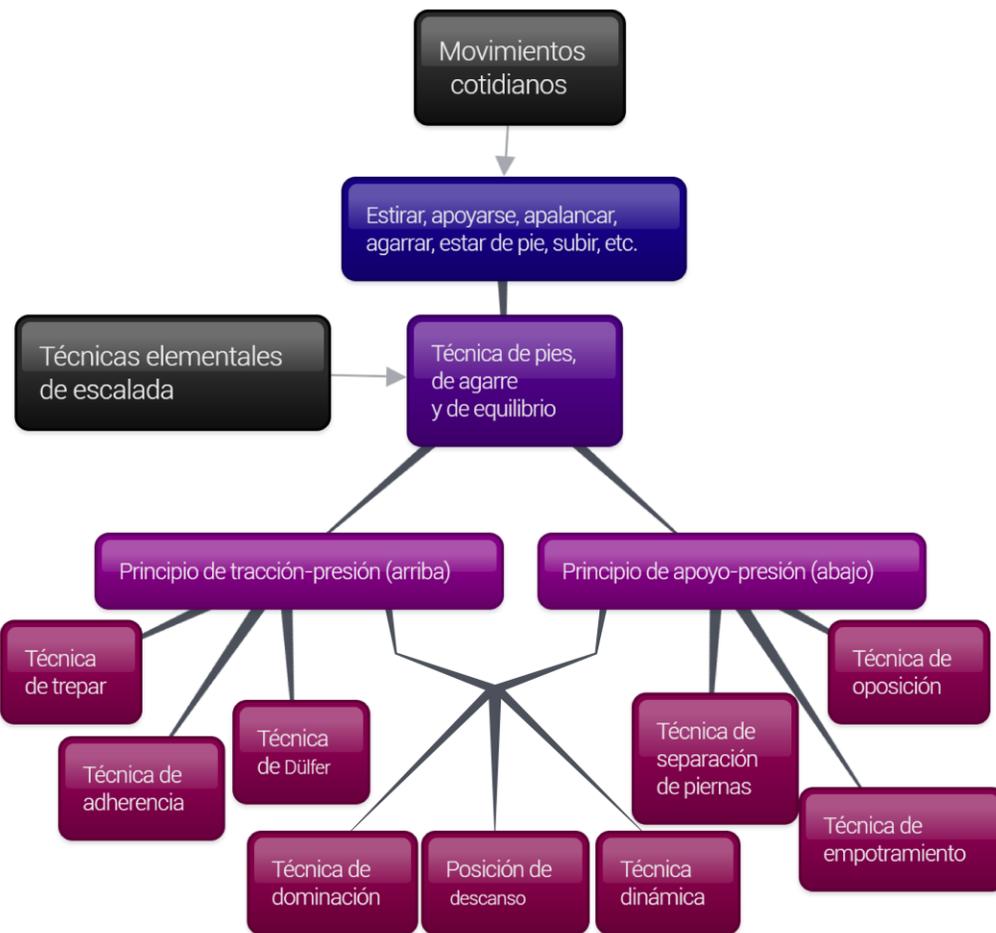


Fig. 13. Sinopsis de las técnicas de escalada. Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).

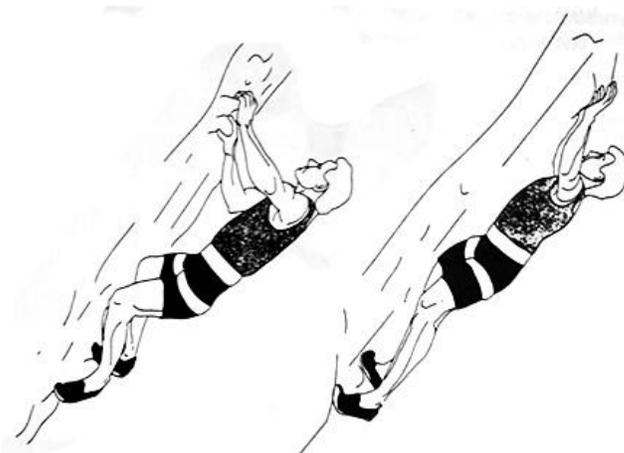


Fig. 17. Técnica dinámica. Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).

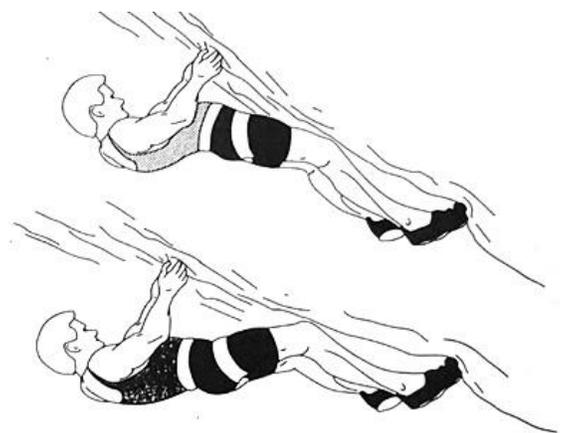


Fig. 18. Técnica de trepar en desplome. Fuente: Güllich, Heidorn y Hepp (2001).

Por otro lado están las técnicas de agarre, estas se relacionan mucho con lo que se vio en el capítulo anterior de los tipos de presas, ya la morfología de la presa o de la roca va directamente ligada a la forma óptima de sujeción.

Dentro de las técnicas de agarre encontramos que las principales posiciones son en arqueo completo, semiarqueo, extensión y pinza (Campoverde, 2010), además de la forma de acomodar la mano de manera óptima, se debe tener en cuenta la posición del cuerpo, es decir la posición de la carga así encontramos que hay agarres para tirar, laterales, inferiores y de apoyo.

Finalmente encontramos las técnicas de estabilización, estas son de suma importancia pues es lo que permite mantener el equilibrio entre los movimientos y evitar caídas. Estas técnicas se fundamentan en la zona del core que abarca el abdomen, espalda y dorsales, es decir la zona que articula el tren superior e inferior del cuerpo.

Por otro lado, existen técnicas que consisten en movimientos un poco más específicos, estas son las nueve que se observan el último nivel del esquema de la figura 13.

De estas técnicas existen variantes, algunas de las cuales representan un importante esfuerzo por parte del antebrazo generado sobre todo por la posición en la que se encuentra el cuerpo, la posición del centro de gravedad con respecto al agarre y al muro, y la secuencia del movimiento.

4.2 Biomecánica, factores fisiológicos y antropométricos de los escaladores deportivos

Como se explicó anteriormente en el capítulo de Escaladores, existe un perfil general que presentan estos deportistas, el cual abarca características fisiológicas y antropométricas, esto se observa más claramente en la Fig. 19.



Fig. 19. Características fisiológicas y antropométricas del escalador deportivo. Fuente: España-Romero et al. (2009)

4.2.1 Movimientos

En términos generales, la escalada es un deporte que involucra la utilización de grandes grupos musculares, y un amplio espectro de movimientos, también resalta la predominancia de fuerza ejercida por los miembros superiores (Delgado, 2014) ya que estos realizan más del 60% de los movimientos al realizar el ascenso. (De Benito et al, 2012).

En esta actividad destacan los esfuerzos isométricos y concéntricos, así como el equilibrio y la estimulación del sistema cardio respiratorio (Delgado, 2014).

Como se explica en el texto de De Benito et al. (2011), donde exponen lo dicho por Salomón y Vigier (1989), las principales acciones en la escalada son contracciones musculares dinámicas concéntricas para realizar la progresión, y contracciones isométricas en los momentos intermedios a los movimientos, es decir en las etapas de descanso, visualización de la ruta o de equilibrio. También se observan, aunque menos comunes, las contracciones dinámicas excéntricas, empleadas para realizar movimientos de destrepe.

Por lo tanto, se aprecia que la escalada se compone de esfuerzos alternos, en los cuales se intercalan movimientos dinámicos para avanzar en la ruta, y posiciones estáticas para reposo y estabilización.

De Benito et al. (2011) realizan una caracterización de los movimientos más frecuentes en escalada, esto lograron determinarlo gracias a una observación de la ejecución de rutas en una competencia, en la figura 20 se puede ver la clasificación que realizaron.

Según su estudio los movimientos más relevantes son los de tracción corta, y bloqueo corto, realizados por la extremidad superior y progresión corta, y equilibrio corto, de la extremidad inferior.

Movimiento	Extremidad	Descripción
Tracción	Superior	Movimiento de contracción concéntrica de los músculos extensores del hombro y flexores del codo.
Bloqueo	Superior	Acción isométrica de la extremidad superior (no existe desplazamiento).
Empuje	Superior	Movimiento de contracción concéntrica de los músculos extensores del codo.
Destrepe	Superior	Movimiento de contracción excéntrica de los músculos extensores del hombro y flexores del codo.
Progresión	Inferior	Movimiento de contracción concéntrica de extensores de cadera y extensores de rodilla.
Equilibrio	Inferior	Acción isométrica de la extremidad inferior (no existe desplazamiento).
Talonamiento	Inferior	Movimiento de contracción concéntrica de extensores de cadera y flexores de rodilla.
Destrepe	Inferior	Movimiento de contracción excéntrica de extensores de cadera y extensores de rodilla.

Fig. 20. Movimientos. Fuente: De Benito et al. (2011).

El hecho de que los movimientos cortos tengan mayor relevancia porcentual se debe a que – como lo explica Hoffman “el máximo desarrollo de la fuerza depende del ángulo de colocación de la articulación, resultando mayor en las posiciones intermedias de la misma” (1993, pg 60), es decir, en las posiciones más cercanas al cuerpo, descritas por los autores como “cortas” (De Benito et al, 2012).

Otro estudio realizado por los mismos autores estudio también muestra que el 90% de los movimientos se realizan en posición inclinada con relación al suelo, lo cual implica una buena tonificación en los músculos flexores del tronco debido a las contracciones isométricas que implica mantener esta posición.

También se encuentra que cuando el cuerpo adopta posiciones inclinadas y horizontales, la distribución de las acciones es prácticamente idéntica (63% ejecutadas por extremidades superiores). Sin embargo, cuando el cuerpo se posiciona cercano a la vertical, el porcentaje de acciones efectuadas por el miembro superior desciende (57%) (De Benito et al, 2012).

Este estudio también incluyó datos en cuanto a cantidad de movimientos, se estima un aproximado de 200 movimientos por ruta y en cuanto a tiempo establece que los ascensos tiene una duración de más de 3 minutos.

4.2.2 Fuerza

Primero que nada se hace necesario definir el concepto de fuerza, de acuerdo a lo dicho por Campoverde (2010) es la “capacidad del ser humano de superar, o actuar en contra de una resistencia exterior, basándose en los procesos nerviosos y metabólicos de la musculatura”.

Dicho esto es necesario diferenciar los tipos de fuerza existentes. Por un lado la fuerza máxima es la capacidad de generar un esfuerzo máximo contra una resistencia dada, en el caso de la escalada la resistencia la da el peso del propio cuerpo, por lo que es más relevante evaluar esta fuerza en términos relativos, es decir en proporción al peso corporal, y no en términos absolutos (Campoverde, 2010).

Por otro lado, el mismo autor describe la fuerza de resistencia como la “capacidad de mantener un esfuerzo muscular durante un tiempo prolongado” (Campoverde, 2010).

Finalmente establece que la fuerza de velocidad, también conocida como potencia, es aquella en la que se realiza un esfuerzo máximo en el menor tiempo posible.

Cabe destacar que, como lo expone Campoverde (2010), en los entrenamientos se busca generar fatiga a nivel muscular, ya que el incremento de la fuerza se debe parte a la hipertrofia de los músculos, lo cual con el tiempo les permite actuar con una carga superior.

También menciona que para lograr un aumento en la fuerza muscular, se requiere trabajar con un nivel de tensión superior al que está acostumbrada. Lo anterior se logra mediante el aumento de la intensidad, la carga, los volúmenes de repeticiones, o disminuyendo los intervalos de reposo entre series.

Por otro lado, el entrenamiento para el desarrollo de la fuerza-resistencia genera un aumento en la densidad de los vasos capilares y las mitocondrias, lo que lleva a soportar un mayor volumen de ejercicio (Campoverde, 2010).

Simplificando un poco, los entrenamientos de fuerza máxima se diferencian de los de fuerza-resistencia en que los primeros consisten en una menor cantidad de repeticiones pero con una mayor exigencia (por ejemplo al 60% de la capacidad máxima), mientras que el segundo busca una mayor cantidad de repeticiones disminuyendo la intensidad (por ejemplo a un 30% de la capacidad máxima) (De Benito et al., 2007).

Los mismos autores destacan que un entrenamiento orientado a desarrollar la fuerza-resistencia es más relevante para desarrollar aptitudes específicas para la escalada, pues de acuerdo a test realizados estos entrenamientos son los que generan mejores resultados. Sin embargo, mencionan también que es conveniente trabajar complementariamente con ejercicios para el desarrollo de la fuerza máxima, pues ésta es la que ayuda en movimientos dinámicos que requieren potencia, y en las contracciones isométricas presentes en los bloqueos (De Benito et al., 2007).

Lo anterior se refuerza con lo expuesto por Campoverde (2010), quien menciona que mientras que el entrenamiento de fuerza máxima aporta a mejorar la resistencia, ya que un musculo fortalecido emplea menos fuerza en la ejecución de una secuencia de movimientos, el entrenamiento de resistencia no contribuye a mejorar la fuerza máxima.

4.2.2.1 Fuerzas específicas

Una fuerza específica bastante medida en escalada es la de prensión manual, ya que, como es evidente, al realizar los diferentes agarres los escaladores desarrollan notablemente esta capacidad física, pues resulta un factor determinante para el rendimiento.

En estudios realizados por España-Romero et al. (2009) se observó que las mujeres escaladoras poseían una fuerza de prensión manual en la suma de ambas manos de 65 kg aproximadamente, en contraste con lo 44 kg presentados por la población femenina no escaladora. Similar sucedió con los hombres escaladores, los cuales presentaron una fuerza de prensión manual cercana a los 100 kg, comparada con la de la población masculina no escaladora que oscila alrededor de los 70 kg.

También evaluaron la fuerza de resistencia de prensión manual a través de contracciones isométricas intermitentes, lo cual arrojó que en este aspecto los escaladores también son muy superiores en contraste con personas no escaladoras, ya que el tiempo transcurrido antes de la extenuación presentado por los escaladores es casi el doble que el de la población no escaladora. En palabras de España-Romero et al. “[...] ello indica la importancia que podría tener la capacidad del escalador para realizar repetidas contracciones isométricas de los músculos de la mano y antebrazo sin llegar a una fatiga que perjudique el rendimiento” (2009).

Otro test analizado por España-Romero et al. (2009) consiste en comparar la fuerza específica según el nivel en escalada, a través de la medición de la cantidad máxima de repeticiones en dominadas, es decir flexiones en barra, y máximo tiempo de suspensión en este mismo elemento. Los resultados arrojan que los valores son más elevados para los escaladores con más experiencia, en contraste con escaladores principiantes, lo que permite concluir que es un factor determinante del rendimiento en este deporte.

En cuanto al enfoque de la investigación, varios autores destacan la importancia de la zona del antebrazo para este deporte, como se vio anteriormente en España-Romero et al. (2009), y como asevera también Núñez et al. (2005) en relación con los resultados obtenidos por un estudio realizado “[...] realmente no influye el peso muscular del escalador, sino la capacidad de la musculatura del antebrazo para realizar fuerza, y, además con una orientación específica”.

También otros autores como Bertuzzi et al. (2001) destacaron la importancia del antebrazo en relación a las capacidades del escalador, ya que entre más difícil sea una ruta, mayor es la intensidad de las prensiones manuales que debe realizar. Esto lo expresaron por medio de un índice brazo/antebrazo (IBA) el cual determinaron mediante la medición de perímetros. Se encontró que este índice era directamente proporcional al rendimiento del escalador, siendo menor en los deportistas principiantes, y mayor en atletas de élite.

Otro factor que está relacionado con el rendimiento, y que puede ser una herramienta útil para evaluar la validez de la propuesta es el tiempo de escalada antes de la extenuación. Este va relacionado con la fuerza de resistencia. España-Romero (2009) en este aspecto encontraron que hay una diferencia significativa entre escaladores de nivel experto (nivel >7b) y escaladores de élite (nivel >8a).

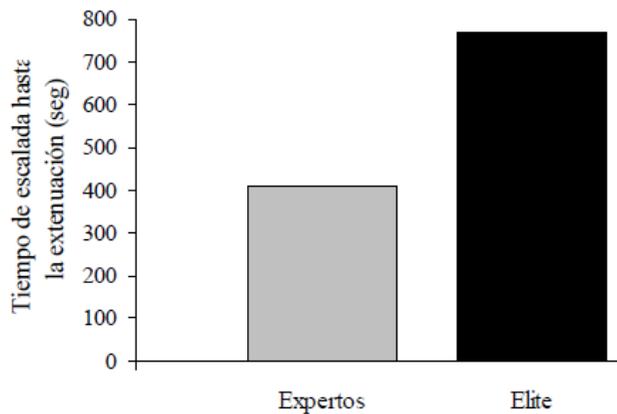


Fig. 21. Tiempo antes de la extenuación.
Fuente: España-Romero et al. (2009)

4.2.3 Características de los entrenamientos

En cuanto a las características específicas de los entrenamientos de escalada, varían de acuerdo a los objetivos del deportista y a la planeación de cada entrenador. Lo recomendado es entrenar mínimo 3 veces por semana para escaladores recreativos y mínimo 5 veces por semana para los escaladores con intereses competitivos. En cuanto a duración, se establece un lapso mínimo de 2 horas, siendo lo ideal entre 2 horas y media y 3 horas. **(Entrevista realizada a Alejandro Hernández, Entrenador del Club de escalada Arawata con 15 años de experiencia).**

Cabe destacar que como lo menciona Campoverde (2010) cuanto más específico sea el entrenamiento para determinado deporte (en términos de movimientos, velocidades, posiciones, tipos de contracciones) más relevante será y más contribuirá a mejorar el rendimiento deportivo.

Respecto a lo anterior, un entrenamiento específico que además abarca el enfoque tomado por el proyecto es el entrenamiento de dedos y antebrazo, sobre este tema Campoverde (2010) también hace unas observaciones que se describirán en los siguientes párrafos.

Primero que nada, se hace necesario un calentamiento progresivo y general, que empiece con una intensidad baja y vaya aumentando hasta llegar a una mayor exigencia y más específico, esto ayuda a mejorar la circulación y es un paso importante para evitar sufrir lesiones, ya que un tendón o ligamento frío es más propenso a lesionarse.

Es necesario tener al menos un día de descanso después de un entrenamiento intenso de dedos, también es recomendable no exceder este tipo de entrenamiento específico más de 4 veces por semana, y para principiantes se recomienda alternar estas rutinas mínimo día de por medio.

En cuanto al antebrazo, un buen entrenamiento son las suspensiones con los brazos estirados en barra, esto ayuda a los deportistas en iniciación a mejorar la resistencia en los antebrazos, que usualmente comienzan a arder a causa de la acumulación de ácido láctico, lo cual es un síntoma de fatiga.

5. Lesiones

Según Julián Pérez y María Merino expertos traumatólogos una lesión es “un golpe, herida, daño o perjuicio. El concepto suele estar vinculado al deterioro físico causado por un golpe, una herida o una enfermedad.” (2010)

Hay diferentes tipos de lesiones, estas se clasifican en 2 categorías:

- Agudas
- Crónicas

Las agudas se identifican porque son causadas por culpa de los esfuerzos rápidos y bruscos, estas se deben tratar con reposo, aplicación de hielo y la ingesta de medicamentos antiinflamatorios (Pérez y Merino, 2010).

Las crónicas a diferencias de las agudas son consecuencia de movimientos repetitivos y se superan por medio de la aplicación de calor y masajes en las partes afectadas.

5.1 Lesiones del miembro superior

Las molestias más comunes en la escalada son las del miembro superior, de acuerdo a los resultados de encuestas realizadas por diferentes autores, sobre las cuales se hablará más adelante.

En el anexo 2 hay un compendio de las lesiones más comunes con relación a la parte del cuerpo y sus causase, en el cual asimismo se incluyeron los movimientos que cada articulación realiza.

También cabe mencionar que las lesiones son un claro indicador sobre cuáles son las partes del cuerpo que más se utilizan durante las prácticas deportivas, adicionalmente la cantidad e intensidad semanal de los entrenamientos, es otro factor que influye en la incidencia de lesiones. En el caso de la escalada el

hombro, el codo, el antebrazo, la muñeca y los dedos son zonas del cuerpo que debido a las exigencias de esta actividad física, experimentan más fatiga y también presentan más frecuencia de lesiones. **(Entrevista personal realizada a Alejandro Hernández, Entrenador de escalada, Club Arawata, 09 Sept 2016)**

Para complementar lo anterior se mostrarán los resultados de las encuestas realizadas por Cantero (2006), Vizcaíno y Castillo (2012), Bourbon (2014), en la cual se resaltan los datos relevantes para el proyecto.

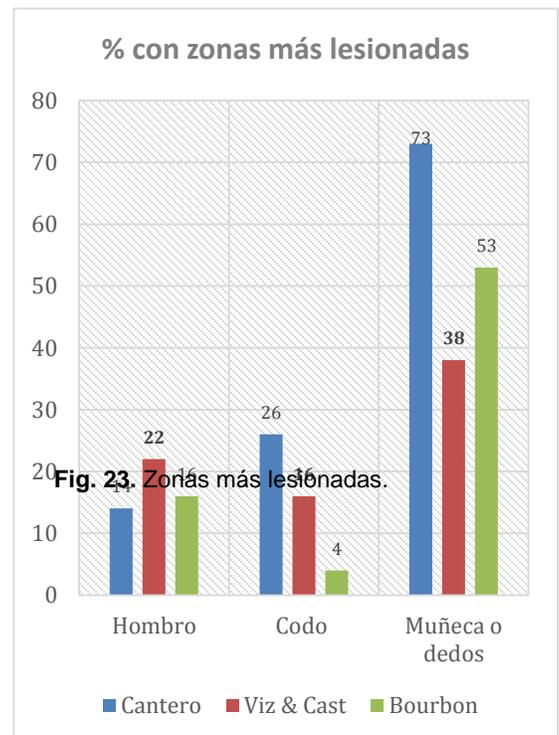
Resultados relevantes organizados respectivamente:

- Cantidad de personas encuestadas:
 - o 97, 192, 33.
- Cantidad de personas lesionadas:
 - o 75 (72.75%), 154 (80.02%), 21 (61.00%)
- Rango de edad con mayor cantidad de lesiones (lesiones en un rango de 5 años) (Ver fig. 22)
 - o 25–30 años (40 lesiones o esguinces leves aproximadamente), 23-32 años (20 lesiones o esguinces leves aproximadamente), 26-39 (25 lesiones o esguinces leves aproximadamente).
- Zonas lesionadas (Ver fig. 23)

Fig. 22. Rangos de edades de lesiones.

5.2 Prevención

Los entrenadores de este tipo de deportes recomiendan hacer calentamientos previos a la actividad, se hacen movimientos



articulares, flexiones, sentadillas, entre otros que generan unos beneficios como:

- Más flujo de sangre y oxígeno en los músculos
- Mayor flexibilidad
- Más relajación y concentración

“El calentamiento debe incluir distintos tipos de ejercicio, como trotar, estiramiento suave y un poco de ejercicios de resistencia. Es muy importante estirar los músculos que se va a usar durante su ejercicio. La duración del calentamiento y su intensidad dependerán del nivel de ejercicio que se va a hacer. En general, debe durar al menos 15 minutos, tiempo suficiente para comenzar a sudar pero sin sentirse cansado” (BUPA, 2014).

Para complementar lo anterior esta asociación de especialistas en salud recomienda otras actividades mentales y fisiológicas que convierte un deporte de alta resistencia con un índice tal alto de lesiones como la escalada en uno controlado. Estas son:

- Buena técnica al escalar.
- Conocer los límites y obstáculos del cuerpo.
- Enfriamiento o recuperación.
- Suficiente hidratación.
- Masajes.
- Baños de hielo.

6. Estado del arte

Existen elementos que permiten realizar un entrenamiento más o menos específico para escalada, sin embargo algunos cumplen pobremente con esta característica, otros aunque satisfacen de manera óptima esa necesidad resultan muy costosos o aparatosos (Ver en anexo 3 cuadro comparativo).

TRABAJO DE CAMPO Y RESULTADOS

El trabajo de campo se divide en tres etapas, en primer lugar se realizó trabajo de observación, es decir participación pasiva, posteriormente se interactuó con los usuarios a través de entrevistas, encuestas y otras herramientas y finalmente se realizó directamente la actividad para lograr una participación completa y experimentar de primera mano las situaciones que vive un escalador en etapas de iniciación.

Para la primera fase se aplicaron métodos de investigación como *fly on the Wall*, y *time lapse video*, esto permitió observar la actividad y contrastarlo con la información encontrada en el marco teórico. En segundo lugar se aplicaron herramientas como *cognitive maps*, *card sort*, *draw the experience*, y entrevistas, tanto con escaladores como con entrenadores.

Finalmente, para la última etapa la herramienta empleada fue *walk-a-mile immersion*, en la cual se experimentó directamente la actividad. Por otro lado, se realizó una encuesta utilizando *Google Forms* donde se indagó sobre aspectos básicos como tiempo y frecuencia de entreno, años de experiencia en el deporte y situaciones que se presentaban durante y después de los entrenamientos.

Resultados

El trabajo de campo permitió corroborar hipótesis de la investigación en relación con el enfoque del proyecto.

Por ejemplo, al observar escaladores realizando su actividad se comprobó la influencia del antebrazo en los entrenamientos. El fenómeno conocido como “Popeye” que consiste en la fatiga en el antebrazo comienza a generar dolor y hace perder la fuerza de prensión manual, esto se relaciona con la duración de la escalada y se presenta con mayor rapidez en los principiantes, por lo tanto condiciona la duración de los entrenamientos, pues requiere una buena recuperación entre escaladas y se desaprovecha tiempo de entreno.

Lo anterior se determinó a partir de los resultados de varias de las herramientas aplicadas. Por otro lado, se evidenció que muchos escaladores compensan la falta de fuerza en los dedos para realizar ciertos agarres, con posturas que podrían afectar negativamente las articulaciones. Al pedir a los deportistas que dibujaran un entrenamiento de escalada, estos los representaban en términos de los elementos que usan para fortalecimiento, lo cual evidencia el interés y la importancia que se le da a este tipo de entrenamientos, y la oportunidad que este campo representa.

Finalmente, la encuesta realizada utilizando Google Forms arrojó resultados que comprueban lo observado en el trabajo de campo. A continuación se muestran las gráficas del resumen de la encuesta y las conclusiones de éstas.

En esta gráfica se observa que más del 80% de los escaladores están entre los 16 y 35 años, que es la edad objetivo del proyecto, por otro lado estas edades abarcan la etapa universitaria y laboral, lo que complementa la siguiente figura donde se muestra el déficit en los niveles de entrenamiento recomendados, pues cerca del 80% de los deportistas no llegan a cumplir con el mínimo de 4 veces semanales para visualizar mejoras significativas.

Por otro lado, en la duración de los entrenos, lo recomendado por Alejandro Hernández, entrenador del club Arawata, son sesiones de escalada de no menos de dos horas y media, en este aspecto la siguiente gráfica muestra que más de la mitad de los encuestados tampoco cumplen con esta recomendación. Las anteriores gráficas permiten no solo evidenciar la problemática abordada, sino también justificar el enfoque, ya que se observa que las mayores falencias y molestias se relacionan con el área del antebrazo, manos y dedos, es decir con la acción de agarre, que como se explicó al inicio del documento, es poco entrenada en la vida diaria o en sesiones comunes de gimnasio.

Finalmente cabe resaltar que la totalidad de los encuestados que indicaron que no presentaban ningún tipo de molestia considerable durante o después de los entrenamientos son deportistas con más de 5 años de experiencia en escalada, sin embargo en la pregunta que indagaba sobre el área más afectada marcaban dedos y antebrazos.

DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL

Lo primero que cabe resaltar es que la escalada al ser un deporte tan nuevo tiene poca bibliografía disponible, y no se ha logrado estandarizar una metodología para realizar los estudios y las diferentes mediciones que estos requieren, sin embargo algunos autores como España-Romero y De Benito han realizado varios estudios interesantes donde se busca ahondar en la fisiología del escalador deportivo y en la biomecánica del deporte.

Estos fueron los autores más relevantes para esta investigación ya que los entrenamientos deberán estar orientados de acuerdo a los requerimientos específicos de cada práctica deportiva.

En un estudio realizado por De Benito et al. resaltaban los movimientos de tracción corta y bloqueo corto como básicos para realizar la progresión, observando de primera mano a deportistas en su entrenamiento se encontró que la conclusión de los autores es bastante acertada.

Por otro lado, mediante el trabajo de campo con deportistas en su contexto de entreno también se pudo determinar que estos movimientos –en especial el de tracción corta- fatiga rápidamente el antebrazo, por la posición en la que se encuentran las extremidades superiores al realizarlo.

De esto se concluye que la fatiga se presenta en mayor medida cuando el brazo se encuentra flexionado, por esto la técnica de bloqueo consiste en mantener el centro de gravedad del cuerpo cercano al muro en una posición más lateral de tal forma que las extremidades superiores se extiendan y así reducir la fatiga.

Esto permite determinar las principales posiciones de las articulaciones al escalar. En cuanto al hombro se observa que existe una abducción que oscila entre los 60° y 180° que involucra la participación de la articulación escapulotorácica y glenohumeral, y a partir de los 120° adicionalmente involucra la inclinación del lado opuesto del tronco.

En cuanto al codo se observa que mantiene en una constante flexión y extensión para realizar los diferentes movimientos. Otro punto importante que resaltó tanto en el marco teórico como en el trabajo de campo fueron las capacidades físicas necesarias para la escalada. En el marco teórico se mencionan la fuerza máxima y fuerza resistencia, contrastando esto con el trabajo de campo se ve que por el tipo de gimnasios de escalada los deportistas desarrollan en mayor medida la fuerza máxima que se asocia más a la modalidad de Boulder, y existe una deficiencia en la fuerza resistencia que se asocia más con la escalada de dificultad.

Por lo anterior se considera importante incluir ambos tipos de entrenamientos, ya que de acuerdo a entrevistas realizadas con varios entrenadores, tanto de escalada como profesionales en deporte y preparación física, y de acuerdo a estudios realizados por De Benito et al. ambos tipos de entrenamiento aportan de manera complementaria a mejorar el rendimiento.

Finalmente el trabajo de campo fue útil para percibir los atributos que los escaladores consideraban importantes para los elementos de entrenamiento, entre ellos la portabilidad, la facilidad de uso y la versatilidad en cuanto a ejercicios, pues los elementos existentes tienen un rango bastante limitado en este aspecto.

De todo lo anterior se establecen los determinantes y requerimientos y permite realizar la conceptualización del proyecto.

Hipótesis de diseño

Por medio de un sistema/elemento multicontexto que se apoya en el uso de la resistencia de bandas elásticas, cuerda y mosquetones se logre mejorar las capacidades físicas de escaladores principiantes y de nivel intermedio a través de entrenamientos específicos de manos y antebrazos.

Promesa de Valor

La propuesta de diseño tiene varios componentes que aportan valor al usuario y sobresalen entre los elementos existentes.

Por un lado es un elemento multicontexto, lo que permite al usuario aprovechar mejor los tiempos disponibles para entrenar ya que no está ligado a los escenarios deportivos tradicionales. Lo anterior se relaciona con la portabilidad, este es otro factor diferenciador pues muchos de los elementos existentes en el mercado para el entrenamiento de dedos y antebrazos en escalada requieren algún tipo de anclaje, por lo que son elementos fijos.

Por otro lado, su versatilidad en cuanto a cargas permite un uso más adecuado para escaladores en niveles de iniciación. Finalmente se trata de un elemento comunicativo, que permite un uso autónomo y seguro generando motivación para el usuario.

Determinantes

- Ángulos máximos de movimiento de las articulaciones hombro, codo y muñeca.
- Alcances máximos.
 - Altura parado alcance vertical con asimiento.
 - Largura extr. sup. alcance lateral con asimiento.
- Medidas antropométricas.
 - Longitud de la mano.
 - Perímetros de extremidad superior.
 - Anchura codo a codo.
 - Anchura biepicóndilo del húmero.
 - Anchura biestiloidea.
 - Anchura metacarpial.
- Capacidades de carga de las personas para realizar ejercicios.
- Peso máximo que puede cargar una persona: 12 kg o 10% del peso.

Requerimientos y Principios

Requerimientos

De uso

- Uso autónomo, es decir permitir el uso sin la supervisión de un experto o entrenador.
- Uso en contextos diferentes al muro.

De función

- Permitir al menos 4 ejercicios específicos para antebrazo y 4 para manos y dedos.
- Ofrecer al menos 2 ejercicios de contracciones isométricas y 2 ejercicios de contracciones concéntricas.
- Generar retroalimentación al usuario por medio de blogs virtuales.
- Permitir entrenamiento de fuerza resistencia y fuerza máxima.
- Ofrecer al menos 3 niveles de cargas diferentes.

Estructurales

- Elemento pequeño para facilitar portabilidad.
- Materiales resistentes y livianos (peso inferior a 12 kg).
- Capacidad de tener diferentes ejercicios en un mismo elemento.
- Evitar elementos que condicionen fijar el elemento a la pared.

Formales

- Incluir los 4 principales tipos de agarres (guaca, plat, pinza y regleta).
- Peso menor a 12 kg para permitir portabilidad.

De identificación

- Comunicar que es un elemento para escalada a través de elementos identificables como presas, reatas, cuerdas, mosquetones.
- Detalles de usabilidad que le permitan al usuario entender el objeto de una forma intuitiva.
-

Principios de diseño

- Proporcionar un entrenamiento completo y específico.
- Permitir la autonomía en el entrenamiento.
- Asistir la correcta ejecución de los ejercicios.
- Generar un elemento que no se condicione al contexto (muro artificial).

Concepto

El concepto de diseño se basa funcionalmente en la **adaptabilidad**, al ser un elemento que permite el entrenamiento específico de manos y antebrazos en diversas posiciones y trabajando diferentes capacidades físicas. Asimismo este concepto responde a la capacidad de adecuarse a varios contextos.

Estéticamente la propuesta se basa en líneas y texturas de la naturaleza que representan el aspecto **outdoor** de la escalada, pero proyectando también **fuerza y estructura**.

Proceso de propuesta

Al inicio del semestre la propuesta estaba enfocada hacia un objeto un poco más robusto, con elementos más complejos que le permitieran al usuario realizar actividades específicas de mano, brazo y dedos. Pero en su estética no era muy agradable ya que era necesario un elemento que cumpliera los requerimientos y determinantes ya mencionados anteriormente.

A medida que iban pasando los días se iban solucionando mecanismos de suma importancia para el proyecto tales como el sistema de bandas, la apertura del elemento logrando conseguir el ancho indicado para la persona más pequeña pero la forma y los materiales se estaban apartando un poco ya que primero se estaba buscando la función y seguidamente arrojaría la forma.

Durante el proceso de acompañamiento con la tutora Luz América Martínez se iban identificando errores de medidas y aspectos de usabilidad los cuales se les daba la solución más pronta, así como también se comentaba sobre la preocupación sobre la forma, materiales y determinantes importantes para el proyecto. Durante todo el semestre se buscaron referencias en plataformas como Pinterest, Behance o Google intentando encontrar el equilibrio justo para llegar a una forma que representara especificidad, simplicidad pero a la vez resistencia, durabilidad y portabilidad.

Para la semana 12 ya se tenía una forma estética muy sutil pero se tenía la base lo cual era un buen inicio pero desafortunadamente el mecanismo más importante el cual era el de la banda (permitir halar sin soltarse y que el usuario pudiera variar las cargas) estaba teniendo fallas y no era la solución esperada.

Hacia la semana 14 y después de un día completo de dibujos y mirar referencias finalmente se había llegado a la forma definitiva que reunía todos los elementos mencionados pero el mecanismo continuaba teniendo fallas así que se procede a

comentar las preocupaciones al profesor Naranjo el cual ilustra unas soluciones muy adecuadas para el producto.

En este punto iniciando la semana 16 se tiene la propuesta con todas las características funcionales y estéticas que se debían considerar lo cual se puede ver reflejado en los renders y en el prototipo 100% funcional. Todo lo anterior y un poco más en detalle se puede ver reflejado en el cronograma. **Ver Anexo 4.**

Propuesta

El elemento ofrece 3 diferentes formas de uso, lo cual permite una mayor variedad de ejercicios posibles, cada uno de estos modos cuenta con unas características específicas que aportan al mejoramiento de las capacidades físicas de los escaladores principiantes y de nivel intermedio, además está pensado para ejercitarse tratando de acercar la experiencia a la actividad real de escalar, en cuanto a posturas, movimientos y agarres.

Descripción del sistema

El primer modo de uso está enfocado en el entrenamiento de dedos, en este caso el elemento se dispone abierto sobre una superficie y permite la ejecución de contracciones isométricas con ayuda de una superficie blanda y ejercicios isotónicos de flexión y extensión con la ayuda de unas bandas elásticas que se encuentran en la base interna, estas pueden configurarse de distintas maneras para ejercitar tanto flexores como extensores de los dedos.

El segundo modo consiste en el uso como base, en este caso se ubica el elemento en el suelo y se extraen unas superficies que se encuentran en el interior, donde el usuario apoya sus pies, posteriormente regula el largo de las bandas elásticas dependiendo del ejercicio a realizar, una vez hecho esto tiene la posibilidad de ejecutar diferentes movimientos dinámicos (contracciones isotónicas) para fortalecimiento del tren superior.

Las bandas cuentan con unas manijas que pueden ser reemplazadas por una multipresa que permite realizar los mismos ejercicios pero utilizando los principales agarres presentes en la escalada.

El tercer modo de uso es con el elemento en la espalda, que se asegura por medio de un accesorio similar a un arnés, de esta forma se pueden realizar otro tipo de ejercicios, incluyendo por ejemplo ejercicios de pierna como sentadillas con resistencia ejercida con las bandas. Finalmente este modo de uso permite que el elemento sea empleado como ayuda en ejercicios de suspensión en barra, los cuales se le dificultan considerablemente a los escaladores principiantes.

En este modo también se usan las multipresas para fortalecer haciendo uso de los diferentes agarres.

Aspectos de mercado y modelo de negocio

Para evaluar la viabilidad económica y factibilidad del producto es necesario considerar los aspectos productivos, que incluyen materiales, procesos y costos.

Para su fabricación se requieren diferentes sistemas y procesos como inyección de termoplásticos y elastómeros, fabricación de piezas en poliuretano termoestable, ensamble de componentes, etc.

Cada uno de estos procesos requiere de una inversión que se amortizará de acuerdo a la producción planteada.

En este caso la mayor inversión la representan los moldes para la inyección, ya que son 29 piezas fabricadas por medio de este proceso.

Se consideró una capacidad de 60.000 ciclos para cada molde y una producción inicial de 10.000 unidades, de tal forma que para esta primera producción se requiere un presupuesto de \$1.625.656.500, es decir que cada unidad producida tiene un costo de \$162.566, para ser comercializada a un precio de \$350.000, el cual fue establecido con base en el rango de elementos para entrenamiento de escalada considerando los beneficios ofrecidos y el margen de ganancia deseado.

Con el fin de comercializar y sacar al mercado el producto se propone un modelo de negocio estructurado de la siguiente manera.

Proceso	Máquina	Descripción
Inyección de plástico	Inyectora	<i>Inyección de 29 piezas (las dos carcasas, cada una con su base, las 5 piezas de la base, los 4 ejes, las 6 piezas para las manijas, y las 10 piezas del sistema retráctil de las bandas)</i>
Corte de tela	Máquina de corte automático Cortadora vertical	<i>Se requiere el corte de las diferentes piezas que componen el accesorio del arnés, en este caso las principales son el espaldar, las cargaderas, el frente y la tapa, y las correas del arnés. Las piezas más grandes se cortan automáticamente con control computarizado y las pequeñas con la cortadora vertical.</i>
Ensamble de mochila	Máquina de coser	<i>Una vez cortadas las piezas se unen empleando máquinas de coser especializadas para cada función.</i>
Fabricación multipresa	Proceso manual	<i>El proceso de fabricación de las multipresas se realiza de manera manual, se prepara el material y se vierte en un molde hasta que catalice.</i>
Ensamble general	Proceso manual	<i>Ensamble de los diferentes componentes para dar como resultado el producto final</i>

Material	Proveedor	Actividad o proceso	Gasto en COP
Silicona	Cabarria (BOGOTÁ)	Materia prima	\$ 73.980.000
ABS	Cabarria (BOGOTÁ)	Moldes	\$ 143.333.333
Moldes	Innovaciones y Servicios Industriales (Bogotá)	Inyección de partes	\$ 25.600.000
Herrajes	Jining Excellent Horse Trade Co., Ltd.	Mano de obra	\$ 31.100.000
Tornillería	Tornicenter	Partes tercerizadas	\$ 212.100.000
Textiles	Lafayette	Partes genéricas	\$ 512.066.667
Herrajes morral	Maderas y plásticos	Morral/arnés	\$ 206.010.000
Espuma morral	Plastitelas(Medellín)	Costo total	\$ 1.204.190.000
Imanes	Hangzhou Dowell Magnet Co.	Costos administrativos	\$ 421.466.500
Lámina acero	Changzhou Yuyue Metal Work Co	Costo unidad	\$ 162.566
Bandas elásticas	Nantong Jian da Sporting Co. Ltd	Precio de venta	\$350.000
Multipresas	EURO-HOLDS		

En cuanto a los procesos productivos se puede analizar en la siguiente tabla todos los costos asociados a la fabricación, materia prima y demás aspectos a tener en cuenta para obtener el precio final.

Canales

Para el proyecto se plantean dos canales principales, por un lado la venta mediante distribuidores, en este caso tiendas especializadas en deportes, actividades extremas y/o escalada. Y por otro lado la venta directa a través de una plataforma web propia, que permite a usuarios de todo el mundo tener acceso al producto.

Estos canales aplican tanto a usuarios particulares como a instituciones deportivas como clubes de escalada.

Relaciones con los consumidores

Para generar una estrecha relación con los usuarios, se busca apelar a su perfil psicográfico, es decir escaladores con intereses competitivos que día a día están buscando dar lo mejor de sí para alcanzar su máximo nivel, de acuerdo a esto se busca generar -a partir de la página web- una comunidad online de escaladores alrededor del producto tanto a nivel nacional como internacional, de tal forma que se compartan experiencias y se genere retroalimentación mutua.

También se pretende generar un perfil para cada usuario y llevarle un acompañamiento donde se controle el avance o retroceso que pueda generar.

Ingresos

Los ingresos están dados por la venta del producto a los escaladores interesados en adquirir el elemento y a los clubes de escalada que deseen tenerlo en su espacio físico como un método de entreno para sus deportistas. Por otra parte se tendrán ingresos con la venta de repuestos de piezas como las bandas elásticas, que son las más susceptibles a sufrir desgaste.

Aliados estratégicos

Los aliados estratégicos son por un lado los clubes de escalada a nivel mundial, pues son compradores importantes y pueden ayudar a generar posicionamiento en el mercado a través de la promoción de una nueva forma de entrenamiento.

Otro aliado importante serían las federaciones, que mediante el objeto pueden fomentar programas de iniciación en el deporte o semilleros de deportistas.

En cuanto a distribuidores es importante generar alianzas con tiendas que ofrezcan elementos deportivos, o para actividades al aire libre y escalada pues son una buena forma de llegar a los consumidores objetivos.

Finalmente están las empresas productoras de insumos para necesarios para la producción como lo son los fabricantes de presas, en este caso Euro-Holds y de elementos deportivos como Sport fitness para las bandas elásticas.

Actividades Claves

La actividad más importante está relacionada con el diseño del producto, complementado con el desarrollo de la plataforma web que permitirá crear un espacio interactivo para los escaladores. Por otro lado están todas las actividades ligadas a la producción así como el despliegue publicitario para captar la atención de compradores potenciales.

Aspectos de factores humanos

Al tratarse de un sistema orientado al fortalecimiento muscular y al mejoramiento de las capacidades físicas de mano y antebrazo, es necesario considerar aspectos biomecánicos y ergonómicos con el fin de comprender las interacciones de los usuarios con los componentes del objeto, y de esta forma lograr optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema (International Ergonomics Association, 2000).

Esto debe ayudar a garantizar la correcta ejecución de los movimientos, considerando los rangos mínimos y máximos de las diferentes articulaciones involucradas.

Asimismo los aspectos de usabilidad para generar un uso intuitivo del producto y así una experiencia positiva para el usuario.

A continuación se realizará el análisis de los diferentes aspectos ergonómicos (físicos y cognitivos) y de la experiencia de uso.

Dicho análisis se basa en las normas técnicas del Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, que son aplicables al caso colombiano, para este proyecto se tuvieron en cuenta las siguientes: NTP: 226 Mandos: Ergonomía de diseño y accesibilidad, NTP: 622 Carga Postural: Técnica goniométrica y NTP: 629 Movimientos repetitivos: Métodos de evaluación.

Ergonomía Física / Técnica

En este punto se van a considerar los diferentes aspectos ergonómicos, tanto posiciones estáticas, como de antropometría dinámica, que corresponde al estudio de las posiciones ligadas al movimiento, es decir, lo relacionado con biomecánica (Mondelo, Gregori y Barrau, 2000).

Sobre esto se observa que deben ser consideradas y analizadas las secuencias de uso para cada una de las posibilidades que ofrece el objeto, la primera para fortalecimiento de dedos, en segundo lugar su uso como base, y finalmente el uso con el elemento en la espalda.

Finalmente se exponen unas consideraciones generales relacionadas con los principales movimientos que tienen lugar durante la ejecución de los diferentes ejercicios, teniendo como referencia el mapa articular del tren superior con los alcances y ángulos máximos y mínimos de movimiento para las diferentes articulaciones.

Se mostrarán a continuación las consideraciones antropométricas relacionadas con las actividades que tienen lugar durante cada forma de uso.

Fortalecimiento de dedos

En primer lugar, para el fortalecimiento de dedos, el usuario debe encontrarse en posición sedente, con una superficie de apoyo ubicada en frente (ver figura 1).

Sobre dicha superficie se dispondrá el elemento abierto. Para abrirlo se ubican las manos en una prensa tetradigital activa como se muestra en la figura 2.

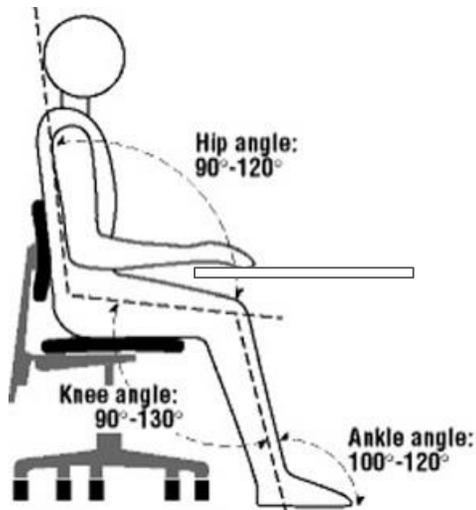


Fig 1. Posición sedente. Fuente: Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (1998).

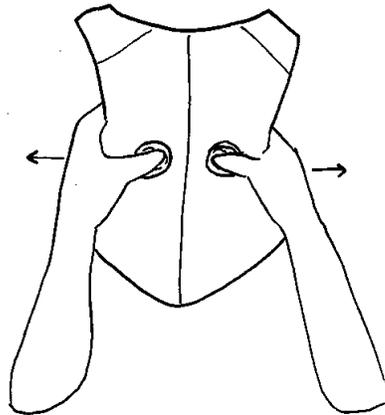


Fig 2. Posición de agarre del elemento para abrir.

El pulgar ejerce presión sobre una textura permitiendo la liberación de los imanes que lo aseguran, lo cual permite abrir el elemento a una distancia de 52 cm aproximadamente, que es la adecuada considerando la anchura de codo a codo para el percentil 95 de hombres (Estrada et al. 1995) (ver figura 3), una vez alcanzada esta anchura los seguros se activan para que la distancia sea fija.

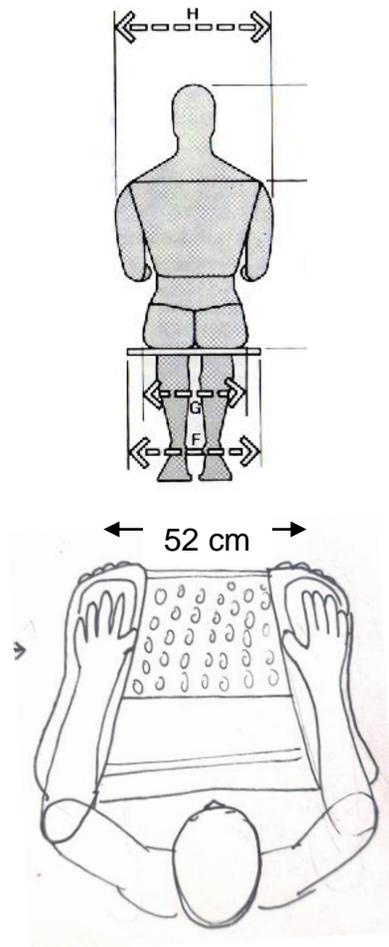


Fig 3. Achura codo a codo en relación con el elemento.

El usuario ubica el elemento abierto sobre la superficie y apoya sus brazos sobre él, y se logra tener un ángulo en el codo de 9-15°, de acuerdo a las recomendaciones de la NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad (1989), lo cual permite realizar los ejercicios en una posición adecuada.

Una vez dispuesto el objeto, se procede a realizar los ejercicios, en este modo se cuenta con 2 elementos. El primero es una superficie semiblanda de 20 cm x 12 cm, medida establecida con base en la anchura metacarpial (9,1 cm) y la largura de la mano (19,9 cm) para el percentil 95 masculino (Estrada et al. 1995), de tal forma que permita un apoyo confortable, de esta forma se asegura que la superficie se acomode a los diferentes tamaños de manos (ver figura 4).

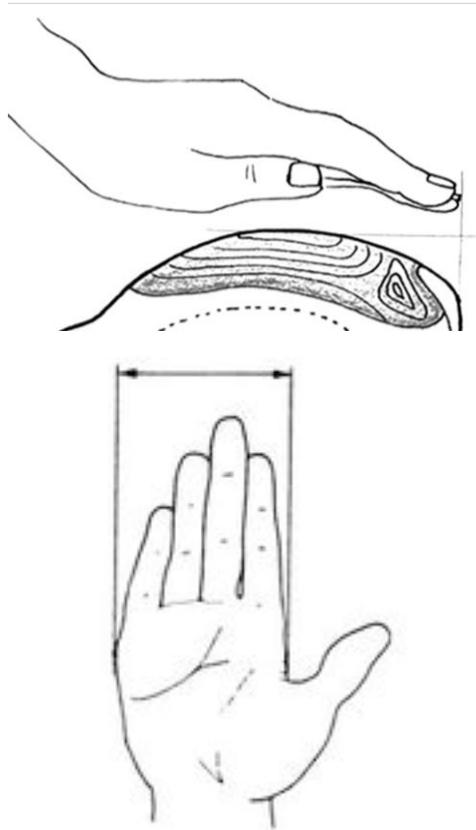


Fig 4. Superficie semiblanda en relación con mano.

En este volumen semiblando se realizan contracciones isométricas para fortalecer el agarre conocido como plat, un agarre de contacto (Mondelo, Gregori y Barrau, 2000) que consiste en una prensa palmar en la cual los dedos se encuentran poco flexionados: 25° para la articulación metacarpofalángica, entre 15° y 25° para la interfalángica proximal y 5° aproximadamente para la interfalángica distal (Hoppenfeld, 1999), en este agarre la fuerza es ejercida en mayor medida por las primeras falanges de los dedos como se observa en la figura 5.

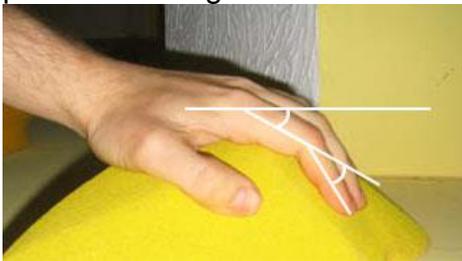


Fig 5. Ángulo de las falanges en agarre de plat.

El segundo elemento que permite el trabajo de los dedos consiste en unas bandas que se pueden configurar de diferentes maneras para realizar trabajos de

extensión, se dispone de tal manera que los dedos no sobrepasen el ángulo máximo de extensión de 30° (Hoppenfeld, 1999), desde una posición en flexión de 20° aproximadamente como se observa en la figura 7.

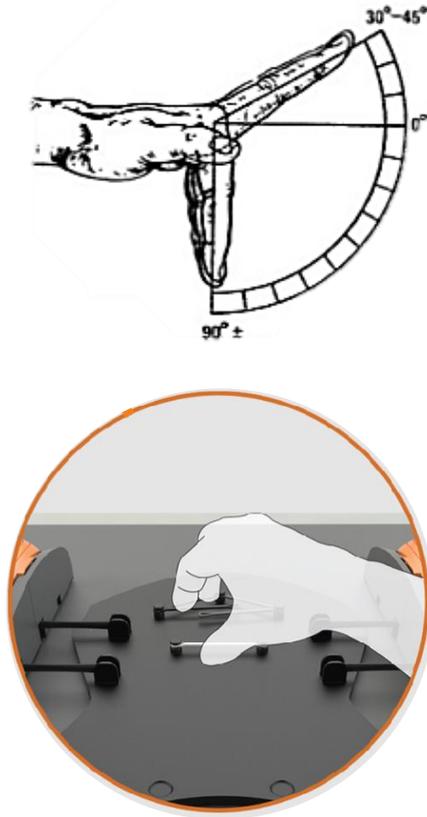


Fig 7. Bandas para dedos y arcos de movilidad. Fuente: Hoppenfeld, 1999.

Estos últimos, junto con los ejercicios realizados con las bandas descritas anteriormente ayudan a fortalecer los músculos antagonistas como los extensores del antebrazo (ancóneo y cubital posterior) y extensores de los dedos (lumbricales, interóseos y extensor común) lo cual ayuda a prevenir lesiones por sobre uso de los músculos que realizan la fuerza al escalar, es decir los flexores (Vagy, 2016).

Elemento como base

Para el uso como base el usuario debe inicialmente abatir unas superficies que se encuentran en el interior del elemento, para esto debe realizar una prensa de oposición subterminolateral junto con un movimiento de abducción y flexión horizontal del hombro acompañado de extensión del codo, mientras con la otra mano se sostiene el elemento prensa digitopalmar, como se aprecia en la figura 9.

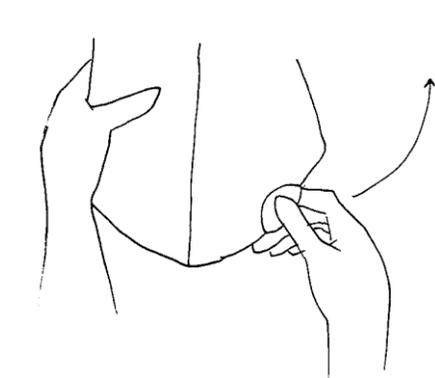


Fig 9. Prensa digitopalmar y prensa de oposición subterminolateral.

Una vez hecho esto, el usuario ubica el elemento en el suelo y apoya los pies en las superficies mencionadas anteriormente (ver figura 10), entonces el elemento se encuentra listo para realizar los ejercicios.

Como se muestra en la figura 10, las dimensiones de estas superficies se determinaron a partir de la anchura de los hombros de tal forma que se ajuste tanto al percentil 5 femenino como al percentil 95 masculino (32-43 cm) y de la anchura metatarsal del percentil 95 masculino (10,9 cm).



32- 43 cm

Fig 10. Uso como base y dimensiones.

Elemento con arnés

Para este uso lo primero es asegurar el arnés al cuerpo principal del elemento y ubicarlo en la espalda con ayuda de las cargaderas o tirantes (figura 11).

El ancho en la parte superior es de 35 cm aproximadamente, de tal forma que no supere la anchura bideltoidea (ver figura 12) del percentil 5 femenino (41,8 cm) (Estrada et al. 1995). Por otro lado peso no debe sobrepasar los 4,6 kg. Lo anterior está determinado por el peso corporal para percentil 5 femenino, ya que la

carga en la espalda idealmente no debería superar el 10% del peso corporal de acuerdo a estudios realizados en niños en edades escolares en relación con el peso que cargan en la mochila (BBC, 2012).



Fig 11. Uso en espalda, aseguramiento del arnés.



Fig 12. Uso en espalda, dimensión en relación al cuerpo.

Una vez aseguradas las correas de cintura y piernas del arnés se procede a realizar los ejercicios, en el caso de los ejercicios de suspensión las bandas elásticas se aseguran a la barra y el usuario puede ejercitarse directamente con la barra, o anclar las multipresas del elemento a ésta para ejercitar los agarres como se muestra en la figura 13.

Al igual que la superficie blanda para el fortalecimiento de dedos descrito con anterioridad, las dimensiones de la multipresa están dadas para que una mano del percentil 95 masculino pueda realizar cómodamente los agarres, considerando la anchura metacarpial y largo de la mano.

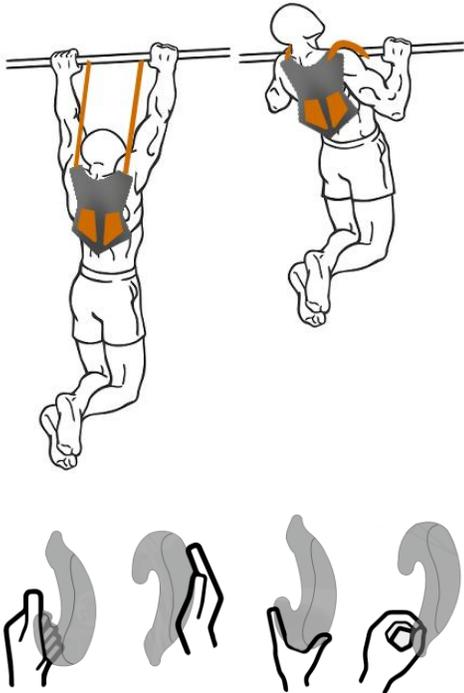


Fig 13. Elemento como ayuda en suspensión y agarres con multipresa.

Ergonomía Cognitiva

En este punto la propuesta considera varios aspectos de usabilidad de tal forma que el usuario logre comprender intuitivamente el uso del objeto.

En primer lugar siguiendo el orden de acuerdo a la secuencia de uso, se tiene el pulsador para abrir el elemento, el cual está localizado en la zona donde se ubica el pulgar al asir el elemento, éste está identificado por medio de una textura y un desnivel (figra 14).

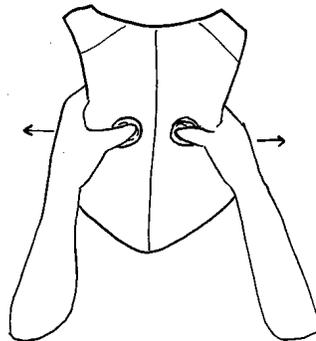


Fig 14. Pulsadores de apertura.

Para la apertura se tiene que al presionar los pulsadores los seguros se liberan, la posición final es indicada por un clic generado por a activación de los seguros que mantendrá el elemento abierto durante su uso.

Por otro lado, la superficie semiblanda cuenta con una textura y unas líneas que indicaran cómo debe ubicarse la mano y los puntos donde debe realizarse más presión para realizar correctamente el agarre en plat (figura 15).

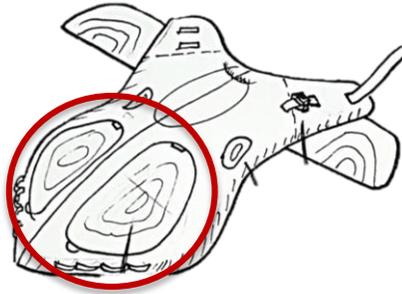


Fig 15. Textura de superficie semiblanda.

Para el uso como base se tiene en primer lugar el indicador para abatir las superficies de apoyo, en este caso se optó por una hendidura y una pequeña saliente en la superficie, de modo que el usuario comprenda que de ese punto debe tomarse para extraerlas (figura 16).

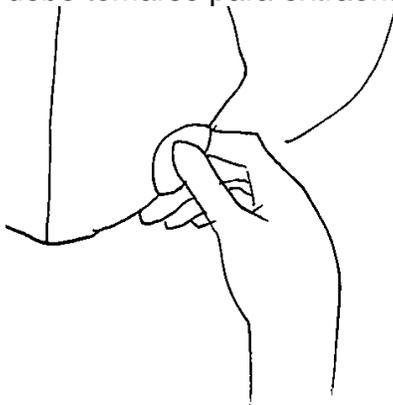


Fig 16. Indicador de extracción de superficies.

Por otro lado, las bandas cuentan con unas marcas que le permiten al usuario identificar fácil y rápidamente la posición donde deben ubicar los topes para realizar los diferentes ejercicios (figura 17).

Adicionalmente las terminaciones indican por medio de colores que las bandas pueden ser usadas tanto con la manija como con la multipresa (figura 17).



Fig 17. Banda con indicadores de longitud y terminaciones de ensamble.

Finalmente para el uso en la espalda los indicadores el anclaje del arnés al cuerpo principal del objeto se denota mediante colores, asimismo los seguros del arnes en la cintura y las piernas (figura 11).

Uso e intangibles

En relación con el uso el elemento ofrece una variedad de posibilidades, lo que le brinda al usuario un producto completo.

La interacción del usuario con el elemento es directa durante el uso, por lo que la ergonomía cognitiva es un aspecto importante ya que logra transmitir al usuario la forma correcta de usarlo y así lograr una experiencia positiva durante el entrenamiento con el producto.

Otro aspecto intangible es la percepción de seguridad por parte del usuario, la propuesta mediante su forma y estética comunica resistencia, que es algo muy importante en todos los elementos relacionados con este deporte, ya que el riesgo para los escaladores al realizar su actividad está siempre presente.

Por otro lado, mediante los colores, texturas y formas, la propuesta logra referenciar la escalada deportiva. Por ejemplo al hacer uso de formas geometrizadas en el cuerpo principal, abstrayendo un poco la forma de los muros artificiales, o mediante las texturas de líneas topográficas evocando la parte natural del deporte en elementos como la multipresa.

Aspectos de Impacto (PESTA)

El impacto de la propuesta se ve reflejado desde diferentes aspectos. Lo primero que cabe mencionar es que se ofrece un producto completo y versátil, lo cual representará para los usuarios mayores posibilidades de entreno por fuera de los contextos tradicionales, esto ligado a unos beneficios tales como fortalecimiento de dedos y antebrazo, lo cual a su vez ayuda a tener mejores posturas al escalar y de esta forma reducir el riesgo de sufrir lesiones en esta área.

Cualitativamente se puede hacer una comparación con los productos existentes, en primer lugar con la placa de entrenamiento, en segundo lugar con la powerball y finalmente con la treadwall.

Respecto a la placa, el costo oscila entre los 120 y 360 mil pesos, lo cual es asequible, otro aspecto positivo es la especificidad para el deporte, ya que también permite el fortalecimiento de dedos y antebrazo en agarres específicos de escalada, sin embargo al tratarse de un elemento fijo limita al usuario en su uso, de igual forma la variedad de ejercicios no es muy extensa ya que se limita a suspensiones estáticas y dinámicas, adicionalmente es un elemento orientado a personas de nivel relativamente alto, ya que en muchos de los agarres que ofrece se necesita contar con cierta fuerza y experticia.

Otro elemento popular es la PowerBall, consiste básicamente en un giroscopio que permite fortalecer el antebrazo mediante rotaciones de la muñeca mientras la mano agarra con fuerza el elemento, también se trata de algo específico para la zona de enfoque, es decir la mano y el antebrazo, el costo es mucho menor, y por su tamaño resulta muy fácil de transportar por lo que puede ser usado en cualquier lugar, sin embargo también resulta muy limitado pues solo permite ejercitarse de una manera.

Finalmente la TredWall, un muro personal, es una opción muy completa y específica, ya que permite recrear exactamente la actividad de escalar, sin embargo su tamaño y su peso son muy elevados, asimismo es un elemento sumamente costoso (\$30 millones de pesos aproximadamente) Ver gráfico comparativo en anexo 5.

CONCLUSIONES

El proyecto ha permitido la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la carrera, desde su fase de investigación hasta el desarrollo del producto.

Mediante pruebas directas con los usuarios y validaciones en las diferentes etapas de diseño se logró concluir que en efecto la propuesta responde adecuadamente a las necesidades del mercado y a la carencia detectada, ya que está enfocado a satisfacer los volúmenes de entreno de escaladores que deseen ver mejoras en su rendimiento pero que se ven limitados por los espacios para practicar el deporte.

Lo anterior se ve reflejado en que el elemento permite aprovechar los tiempos muertos o disponibles para entreno sin necesidad de desplazarse hasta algún gimnasio, y lograr un entrenamiento completo y específico en un periodo corto de tiempo, ya que se puede completar una buena rutina en 45 minutos aproximadamente.

Por otra parte es un producto orientado a principiantes, que es un segmento que ha sido desatendido, y que aunque está enfocado al fortalecimiento de mano y antebrazo, ofrece la posibilidad de ejercitar simultáneamente otros grupos musculares como los del hombro o bíceps e incluso pierna y abdomen.

Para lograr lo anterior el prototipado y la constante validación con los usuarios fue de gran importancia ya que permitió llegar a una solución que se ajustara correctamente al perfil establecido y que fuera interpretado adecuadamente por los escaladores, satisfaciendo las carencias planteadas en un inicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertuzzi, R. C. et al. (2001) Anthropometric characteristics and motor performance of Brazilian indoor rock climbers at the advanced and intermediate levels. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. [En línea] Vol 9. No. 12, p. 7-12 Recuperado de: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RBCM/article/.../377/430> (Visitado: Septiembre 2016)
- Birute, A. y Rainer, V. (2007) Physiological responses to rock climbing in young climbers. *British Journal of Sports Medicine*. [En línea] Vol 41. No. 12, Abstract. Recuperado de: <http://bjsm.bmj.com/content/41/12/852.abstract?sid=d6b6f65f-df92-42db-8ca9-9c831fae0225> (Visitado: Agosto 2016)
- Bourbon, F.S. (2014) Estudio sobre las lesiones más frecuentes sufridas por escaladores argentinos en los gimnasios de escalada. (Tesis de maestría), Argentina: Instituto Universitario de Ciencias de la Salud
- BUPA SALUD (2013) *¿Cómo evitar las lesiones deportivas?* Colombia. Recuperado de: <http://www.bupasalud.com/salud-bienestar/vida-bupa/c%C3%B3mo-evitar-lesiones-deportivas>
- Campoverde, C. (2010) *Manual de teoría y técnicas de entrenamiento de fuerza en escalada deportiva*. (Tesis Licenciatura en cultura física) Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Cantero, R. (2007) El fisioterapeuta y la mano del escalador. [En línea] Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-el-fisioterapeuta-mano-del-escalador-13115489> (Visitado: 22 Sept 2016)
- Castillo, K. y Vizcaíno, C. (2012) *Estudio piloto de identificación y descripción de las lesiones más frecuentes en deportistas de escalada en Santiago de Chile*. (Tesis licenciatura en kinesiología) Chile: Universidad de Chile.
- De Benito, A. M. et al. (2007) Estudio de la eficacia de dos programas de entrenamiento de la fuerza en el rendimiento de la escalada deportiva. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. [En línea] Vol 19, p.61-76. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3322664> (Visitado: Sep 2016).
- De Benito, A. M. et al. (2011) Análisis de movimientos en escalada deportiva: propuesta metodológica basada en la metodología observacional. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. [En línea] Vol 27, p.21-45. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274222159002> (Visitado: Sep 2016).
- De Benito, A. M. et al. (2012). Análisis y cuantificación de las acciones técnicas de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *Motricidad. European Journal of Human Movement*. [En línea] Vol 28, p.15-33. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4773092> (Visitado: Sep 2016).
- DEFINICIONES RAE (2010) *Lesión y tipos de lesiones* [En línea] Recuperado de: <http://definicion.de/lesion/> (Visitado: 19 Sept 2016)
- Delgado, D.P. (2014) Beneficios funcionales de la escalada deportiva. *Revista Electrónica de Ciencias Aplicadas al Deporte*. [En línea] Vol 7, No. 25, p.1-5. Recuperado de: romerobrest.edu.ar/ojs/index.php/ReCAD/article/download/133/132 (Visitado: 16 Sep 2016).

- España-Romero, V. et al. (2009). Aspectos fisiológicos de la escalada deportiva. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. [En línea] Vol 9, No. 35, p.264-298. Recuperado de: [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artescalada129.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artescalada129.htm) (Visitado: Sep 2016).
- FEDERACIÓN COLOMBIANA DE DEPORTES DE MONTAÑA Y ESCALADA (FCDME) (2012) *Constitución federación colombiana de escalada deportiva* [En línea] Recuperado de: <http://fecdme.blogspot.com.co/> (Visitado: Agosto de 2016).
- FEDERACIÓN COLOMBIANA DE ESCALADA DEPORTIVA (FCED) (2015) *Federación de Escalada en números* [En línea] Recuperado de: <http://escaladadeportivacol.blogspot.com.co/2015/05/datos-de-nuestras-licencias.html> (Visitado: Agosto de 2016).
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE DEPORTES DE MONTAÑA Y ESCALADA (FEDME) (2012) *Qué es la escalada* [En línea] Recuperado de: <http://www.fedme.es/index.php?mmod=staticContent&IDf=148> (Visitado: Agosto de 2016)
- Ferguson, R., Brown, M.D. (1997). Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. [En línea] Vol 76, No. 2, p.174-180. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9272777> (Visitado: Sep 2016).
- Hepp, T., Güllich, W. y Heidorn, G. (2001) *La escalada deportiva. Un libro didáctico de teoría y práctica*. (3ra ed.) Barcelona: Paidotribo.
- Hoffmann, M. (1993). *Manual de escalada*. Madrid: Desnivel Ediciones.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF SPORT CLIMBING (IFSC) (2016) *New Sports Transform Olympics* [En línea] Recuperado de: <http://www.ifsc-climbing.org/index.php/latest-news/item/791-new-sports-transform-olympics> (Visitado: Agosto de 2016)
- INTERNATIONAL FEDERATION OF SPORT CLIMBING (IFSC) (2016) *Rules 2016*. IFSC Rules Commission.
- Kapandji, A.I. (2006) *Fisiología Articular*. (6ta ed.) Madrid: Panamericana.
- Kripper, C., & Thumm, N. (2008). Fisiología y entrenamiento en Escalada. Conferencia llevado a cabo en el Simposio de medicina de Montaña, Pontificia Universidad Católica de Chile. [En línea] Recuperado de: <http://www.seminariomm.cl/pdf/21.pdf> (Visitado: Agosto de 2016)
- Núñez, V.M., et al. (2005). Estudio de la fuerza en escalada deportiva. *Archivos de medicina del deporte Universidad de Córdoba*. [En línea] Vol. XXII No. 105, p. 27-32. Recuperado de: archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/.../Original_estudio-fuerza_27_105.pdf (Visitado: Septiembre 2016).
- Pérez, J.L., Pérez, D. (2009). El entrenamiento deportivo: conceptos, modelos y aportes científicos relacionados con la actividad deportiva. *EFDeportes*. [En línea] No. 129, p.1. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd129/el-entrenamiento-deportivo-conceptos-modelos-y-aportes-cientificos.htm> (Visitado: Septiembre 2016).
- UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME (UIAA) (2016) *Climbers Manifesto* [En línea] Recuperado de: <http://www.theuiaa.org/index.php?page=347> (Visitado: Septiembre de 2016)

Anexos/Apéndices

Anexo 1. Agarres

<i>Elemento</i>	<i>Movimiento</i>
	<p>Este tipo de presas conocidas como guacas son grandes y fáciles de agarrar. Sin embargo si la posición de los brazos es flexionada genera fatiga en el antebrazo rápidamente.</p>
	<p>Esta presa conocida como bolsillo sobrecarga el antebrazo ya que solo se pueden utilizar 3 dedos, sin embargo si son suficientemente profundas los dedos pueden mejorar el agarre, restando responsabilidad al antebrazo.</p>
	<p>En el caso de las presas sloper, su gran tamaño hace que el agarre sea difícil, por lo que la mano y el antebrazo se tensionan. Este agarre se basa mucho en la fricción y la posición del cuerpo.</p>
	<p>En las presas tipo pinza la fatiga está distribuida entre el antebrazo y la mano ya que los dedos deben hacer la suficiente fuerza de pinzamiento, lo cual fatiga no solo la mano sino el antebrazo, especialmente si el codo está flexionado.</p>
	<p>En esta presa en posición invertida la fuerza necesaria para dominarla depende mucho de la posición del cuerpo con respecto a la presa, pero en términos generales son buenos agarres que no sobrecargan ni dedos ni antebrazos.</p>
	<p>La regleta es un tipo de presa complicado ya que la mayoría de la fuerza está concentrada en los dedos, en este punto un mal movimiento puede generar lesiones en la mano pues se encuentra bajo una gran tensión ocasionada por la carga que está manejando.</p>

Anexo 2. Lesiones

<i>Lesión (parte del cuerpo)</i>	<i>Razón</i>	<i>Mapa Articular</i>	<i>Músculos</i>
<p>Hombro</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinzamiento del hombro</i> - <i>Inestabilidad del hombro</i> - <i>Desgarro del manguito rotador</i> - <i>Tendinitis del bíceps</i> - <i>Parálisis del nervio.</i> 	<p>Estas lesiones ocurren principalmente debido al movimiento reiterado de los brazos por encima del hombro y por encima de la cabeza o quizás puede ser por un sobre esfuerzo.</p>	<p>3 tipos de ejes:</p> <p>Eje transversal: Flexoextensión</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión: 180° - Extensión: 45° - 50° <p>Eje anteroposterior: Aducción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión: 30° - 45° - Extensión: Leve <p>Abducción:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posición Anatómica - 0° - 60° - 60° - 120° - 120° - 180° <p>Eje vertical: Flexoextensión horizontal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión interna / 0° - 140° - Flexión externa / 0° - 30° 	<ul style="list-style-type: none"> - Deltoides - Coracobraquial - Pectoral mayor - Trapecio - Serrato Mayor - Músculos espinales - Redondo menor - Redondo mayor - Dorsal ancho - Supraespinoso - Romboides
<p>Codo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Epicondilitis medial - Epicondilitis lateral 	<p>Están provocada por movimientos repetitivos de extensión de la muñeca y supinación del antebrazo, esto ocasiona micro roturas fibrilares y reparación inadecuada de los músculos.</p>	<p>Eje laterolateral Plano Sagital :</p> <p>Flexión: Recorrido de 145° // Angulo formado de 35°</p> <p>Extensión: Recorrido de 145° // Angulo formado de 175°</p> <p>Pronación: Recorrido de 85°</p> <p>Supinación: Posición anatómica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bíceps Braquial - Braquial anterior - Supinador largo - Tríceps - Bíceps (pronación máxima) - Pronador redondo - Pronador cuadrado - Supinador corto - Ancóneo
<p>Muñeca y Mano</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Síndrome de túnel carpiano</i> - <i>Contractura de dupuytren</i> - <i>La tenosinovitis de Quervain</i> - <i>Quiste ganglionar</i> 	<p>Es causado por un estiramiento excesivo o desgarro de los ligamentos que sostienen la articulación. Aparece por caídas y traumatismos.</p>	<p>2 tipos de ejes:</p> <p>AA: Eje Transversal (plano frontal)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexión: 85° - 90° - Flexión pasiva: Mayor que 90° en pronación - Extensión: Menor a 85° - Extensión pasiva: Mayor de 90° en prono y supinación. <p>BB: Eje Anteroposterior (plano sagital)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aducción: No sobrepasa los 45° - Abducción: No mayor a 15° 	<ul style="list-style-type: none"> - Músculo flexor radial del carpo - Músculo palmar largo - Músculo flexor cubital del carpo - Músculo extensor cubital del carpo - Músculos del pulgar

Anexo 3. Cuadro comparativo estado del arte

Elementos	Beneficios	Desventajas
	<p>Textura similar a las presas reales. Amplia variedad de posiciones de agarre. Pueden instalarse en casa. Fácil acceso. No ocupa mucho espacio. Es relativamente económico. Permite diferentes rutinas de entrenamiento.</p>	<p>Su mal uso puede ocasionar lesiones. Son fijas y requieren perforaciones para su instalación. Falta de especificidad, además de los agarres, no presenta mucha similitud con la escalada en cuanto a posiciones por ejemplo.</p>
	<p>Permita fortalecer los dedos. Es pequeño y portátil. Económico. Vienen en diferentes presentaciones (Resortes, pelotas, bandas elasticas).</p>	<p>Es ineficaz para entrenar fuerza específica de dedos para escalada pues el movimiento que permite es muy limitado, en contraste con el amplio espectro de posiciones que implica la escalada.</p>
	<p>Buena opción para entrenamiento de fuerza. Precio muy asequible. Facilidad de instalación. Posibilita entrenamiento en casa. Pequeño y portátil.</p>	<p>No es la forma más directa de entrenar específicamente para escalada. El rango de posiciones tanto del cuerpo como de las manos es muy limitado.</p>
	<p>Permite trabajar la fuerza de dedos. Puede instalarse en casa. Económico. Permite la realización de diferentes rutinas de ejercicios.</p>	<p>Requiere tener cierto nivel de experiencia para sacarle provecho. Requiere perforaciones en la pared. Es estatico.</p>
	<p>Permite entrenar de manera muy específica pues se adapta a diferentes ángulos de inclinación. Cuenta con presas que permiten realizar agarres como si se estuviera escalando. Amplia área para escalar (1,5 m de ancho y 6,5 mt superficie de escalada).</p>	<p>Grande. Ocupa mucho espacio. Muy pesada (más de una tonelada). Difícilmente podría tenerse en casa. Muy costosa (precio mínimo 29,000 dólares).</p>

Anexo 4. Cronograma

CRONOGRAMA PDG 2017-2							
ENERO							
VACACIONES		S1	S2	S3			
		Para esta semana se debía mostrar cambios en el diseño basados en la retroalimentación hecha por los jurados en PDG1	Se realizó el primer sprint donde se muestran cambios hechos con base en lo dicho por la tutora.	Se trabajó en el modelo de negocio y hacer un prototipo de mejor calidad para hacer unas pruebas de mercado sobre idea inicial.			
FEBRERO				MARZO			
S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Para el segundo sprint se trabajó un poco más con los materiales y poder dar a entender mejor el funcionamiento de la multipresa.	En clase se realizó la Yinkana de producción donde resultaron ideas interesantes que se reforzaron durante la semana.	En esta semana se indagó sobre términos ergonómicos para darle soporte a la sustentación y se trabaja en la forma.	Se trabaja arduamente en factores humanos, nos reunimos con fisioterapeuta para reforzar bases teóricas	Analizar las soluciones actuales en el mercado comparando nuestra propuesta en cuanto a costos y propuesta de valor.	En clase se trabajó el taller de costos permitiendo dar una idea sobre lo que se debía hacer con cada proyecto.	Se hacen pruebas de mercado a escaladores con un prototipo de baja resolución para analizar comentarios por parte de ellos.	Con un prototipo de más alta calidad y los resultados de las pruebas de mercado se trabajó el impacto y las conclusiones del proyecto.
ABRIL				MAYO			
S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	VACACIONES
semana se subió el video a you tube donde pudimos analizar muletillas, gestos y demás aspectos por mejorar referente a la presentación.	Según comentarios del sprint se debe trabajar en el discurso y dar a entender bien como se va a evitar las lesiones de muñeca con nuestro proyecto.	Se empieza a realizar el prototipo de alta calidad, probando diferentes materiales que nos permitan las resistencias que exige el proyecto.	Durante toda la semana se trabaja en todos los elementos que incluye el documento y el paper, es decir modelado, renders y aspectos importantes.	En esta semana se comprarán materiales faltantes para el prototipo de alta calidad y últimas pruebas de resistencia y mecanismos.	Finalizar prototipo de alta resolución, probar funcionamiento de cada uno de los mecanismos y prevenir fallencias. ir terminando las pptx.	Semana de sustentación, se practicará la presentación para evitar muletillas y poder transmitir la información de la forma más clara y concisa.	

Anexo 5. Impacto

