

**CARACTERIZACIÓN A NIVEL CINÉTICO Y ESTABILOMÉTRICO DEL GESTO  
DEPORTIVO DEL SKATEBOARDING DE DEPORTISTAS DE BOGOTÁ**

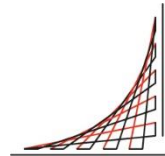
**CARLOS ALBERTO CASTILLO DAZA**

**Tutor**

**PhD Luis Eduardo Rodríguez Cheu**



**Universidad del  
Rosario**



**ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2021**

**CARACTERIZACIÓN A NIVEL CINÉTICO Y ESTABILOMÉTRICO DEL GESTO  
DEPORTIVO DEL SKATEBOARDING DE DEPORTISTAS DE BOGOTÁ**

**Carlos Alberto Castillo Daza**

Trabajo final de maestría presentado como requisito para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería biomédica**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo es esfuerzo en el que, directa o indirectamente, participaron distintas personas, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Este trabajo se dedica a mi hermano Cesar David Castillo Daza por su apoyo en este proceso, al Ingeniero Luis Eduardo Rodríguez por el asesoramiento, a la Fundación Universitaria del Areandina por el apoyo en el desarrollo de las pruebas y en especial a los deportistas y a los muchachos que apoyaron en la invitación a los diferentes clubes de skateboarding.

## **RESUMEN**

El skateboarding es un deporte que ha sido catalogado como deporte olímpico por el Comité Olímpico Internacional (COI). Como deporte nuevo en el país y a nivel olímpico se desconoce las características biomecánicas del deporte, situación que dificulta la toma de decisiones estratégicas enfocadas a mejorar el rendimiento del deportista. Al ser un deporte que se caracteriza por la ejecución de maniobras y desplazamiento sobre una base inestable requiere que se pueda comprender como influye la propiocepción en las articulaciones y como son los ajustes posturales a nivel de estabilidad y la composición de las fuerzas en miembros inferiores en el deportista para poder optimizar el desempeño del deportista.

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar las variables cinéticas y estabilométrico del skateboarding en deportistas de Bogotá, para lo cual se estableció una muestra no probabilística por conveniencia, a través de una invitación directa a los deportistas que practican este deporte en Bogotá; en la primera parte del proyecto se aplicará a los deportistas el test de Bosco, basado en un la utilización de plataformas de fuerza BTS P-6000 y en el caso de la estabilidad corporal se realizará un test de Romberg y en este caso utilizaremos una segunda plataforma de estabilidad BTS P-Walk.

Los resultados y datos obtenidos evidencian una mejor estabilidad durante el desarrollo de la prueba con ojos cerrados y unos adecuados valores de equilibrio basados en valores cercanos a cero a nivel medio lateral, anteroposterior y a nivel de los baricentros corporales. A nivel cinético se observa un adecuado desempeño desde el punto de vista de fuerza y potencia, pero una deficiencia a nivel de la altura de los saltos.

**Palabras clave:** Skateboarding, Cinética, Cinemática, Test de Romberg, Test de Bosco

## **ABSTRACT**

Skateboarding is a sport that has been listed as an Olympic sport by the International Olympic Committee (IOC). As a new sport in the country and at the Olympic level, the biomechanical characteristics of the sport are unknown, a situation that makes it difficult to make strategic decisions focused on improving the athlete's performance. Being a sport that is characterized by the execution of maneuvers and displacement on an unstable base, it requires that it be possible to understand how proprioception influences the joints and how the postural adjustments are at the level of stability and the composition of the forces in the lower limbs in the athlete in order to optimize the athlete's performance.

The main objective of this work is to characterize the kinetic and stabilometric variables of skateboarding in athletes from Bogotá, for which a non-probabilistic sample was established for convenience, through a direct invitation to athletes who practice this sport in Bogotá; In the first part of the project, the Bosco test will be applied to the athletes, based on the use of BTS P-6000 force platforms and in the case of body stability, a Romberg test will be carried out and in this case we will use a second BTS P-Walk stability platform.

The data obtained show a better stability during the development of the test with eyes closed and adequate equilibrium values based on values close to zero at the medial lateral, anteroposterior level and at the level of the body's center of gravity. At the kinetic level, adequate performance is observed from the point of view of strength and power, but a deficiency at the level of the heights of the jumps.

**Keyword:** Skateboarding, Kinetics, Kinematics, Romberg Test, Bosco Test.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	11
2. Problema De Investigación.....	14
3. Descripción Del Problema.....	19
4. Justificación.....	20
5. Objetivos.....	22
5.1. General.....	22
5.2. Específicos.....	22
6. Marco Teórico.....	23
6.1 Descripción Del Deporte.....	23
6.1.2 Historia.....	23
6.1.3 Trucos.....	25
6.1.4 Modalidades.....	25
6.2 Cinética.....	28
6.2.1 Producción De Fuerza Corporal.....	28
6.2.2 Manifestación De La Fuerza.....	31
6.2.3 Potencia Física.....	31
6.3 Tipos De Salto Test De Bosco.....	35
6.3.1 Salto En Squat.....	35
6.3.2 Salto En Contramovimiento.....	35
6.3.3 Abalakov.....	36
6.3.4 Salto Desde Altura (Drop Jump).....	37
6.3.5 Prueba De Rigidez De Piernas O Saltos Repetitivos.....	38
6.3.6 Parámetros De Normalidad.....	38
6.4 Estabilidad.....	39
6.4.1 Factores Mecánicos De La Estabilidad.....	40
6.4.1.1 Base De Sustentación.....	40
6.4.1.2 Centro De Gravedad.....	42
6.4.1.3 Ángulo De Caída.....	44
6.4.1.4 Evaluación Del Equilibrio.....	44
7. Metodología.....	49

7.1 Tipo De Investigación .....	49
7.2 Procedimiento Y Técnica Para La Recolección De Información .....	49
7.3 Variables .....	55
7.4 Diseño Muestral .....	60
7.5 Criterios De Inclusión .....	61
7.6 Criterios De Exclusión .....	61
7.7 Análisis De Datos Y Resultados .....	61
7.8 Fases De La Investigación O Cronograma .....	62
8. Resultados.....	64
8.1 Resultados A Nivel De Estabilometría .....	64
8.2 Resultados De Pruebas De Saltos A Nivel Cinético.....	68
8.2.1 Salto En Squat .....	68
8.2.2 Salto En Contramovimiento.....	70
8.2.3 Salto En Abalakov.....	73
8.2.4 Salto Desde Altura .....	76
8.2.4 Salto En Ollie .....	78
8.2.5 Comparación De Resultados A Nivel Cinético.....	80
8.3 Resultados De Pruebas A Nivel Cinemático .....	84
8.3.1 Resultados Del Pico De Velocidad .....	84
8.3.2 Resultados De La Altura De Salto .....	85
8.2.3 Estimación De Índices A Partir De Altura De Salto .....	87
9. Discusión .....	88
10. Recomendaciones Y Trabajos Futuros.....	92
11. Conclusiones.....	93
7. Referencias .....	94
Anexos.....	98

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 .....	39
Tabla 2 .....	51
Tabla 3 .....	55
<i>Tabla 4</i> .....	61
Tabla 5 .....	62
Tabla 6 .....	62
Tabla 7 .....	64
Tabla 8 .....	64
Tabla 9 .....	65
Tabla 10 .....	66
Tabla 11 .....	67
Tabla 12 .....	67
Tabla 13 .....	69
Tabla 14 .....	70
Tabla 15 .....	71
Tabla 16 .....	72
Tabla 17 .....	74
Tabla 18 .....	75
Tabla 19 .....	77
Tabla 20 .....	78
Tabla 21 .....	79
Tabla 22 .....	80
Tabla 23 .....	80
Tabla 24 .....	81
Tabla 25 .....	82
Tabla 26 .....	84
Tabla 27 .....	84
Tabla 28 .....	85
Tabla 29 .....	86

Tabla 30 .....	86
Tabla 31 .....	87
Tabla 32 .....	87
Tabla 33 .....	88
Tabla 34 .....	88
Tabla 35 .....	90
Tabla 36 .....	91

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cálculo teórico del porcentaje de fuerza contráctil desarrollada ante diferentes grados de elongación muscular. Mc Mahon, 1984 .....	29
Figura 2 Representación de los vectores y su sentido, de la fuerza muscular ( $F_m$ ), fuerza estabilizante ( $F_e$ ) y fuerza rotacional en la articulación del codo durante diferentes fases del movimiento de flexo extensión. Williams y Lissner, 1962 .....	30
Figura 3 Representación gráfica de la sección fisiológica y anatómica. La imagen de la izquierda representa el comportamiento de un musculo recto, músculos especialistas en velocidad, mientras que la distribución de la derecha representa la distribución de fibras de un musculo especialista en fuerza.....	30
Figura 4 Curva de Fuerza contra velocidad, la curva con línea entrecortada representa el comportamiento de la fuerza a través de la ecuación de Hill, mientras que la curva con la línea continua representa el comportamiento de la fuerza medido de manera directa en laboratorio. ....	31
Figura 5 Curva fuerza –velocidad de acortamiento durante la contracción isotónica .....	32
Figura 6 Factores que influyen en la estabilidad. Fuente Propia .....	40
Figura 7 Distribución de la base de sustentación .....	41
Figura 8 Bases de sustentación. Las imágenes de la zona A, representan las diferentes bases de sustentación en posiciones deportivas y las imágenes de la zona B, representan las imágenes de la base de sustentación durante la marcha en personas adultas y jóvenes. ....	41
Figura 9. Representación de la plataforma de medición del centro de gravedad desarrollado por Reynolds y Lovett (1990), donde $PT$ corresponde al peso de la plataforma, $d$ es la distancia entre los pivotes y $P_1$ , el fuerza de reacción normal. ....	42
Figura 10. Relación de Momentos de fuerza entre el sujeto y la mesa, donde $CG$ corresponde al centro de gravedad, $P$ al peso de la persona, $x$ la ubicación del	

centro de gravedad respecto al punto O y P2 la fuerza de reacción correspondiente al peso de la persona.....	43
Figura 11. A la izquierda se presenta el Test de Flamingo y a la derecha test de equilibrio Oseretsky .....	45
Figura 12 Modelo planteado por Winter para la evaluación de estabilometría .....	45
Figura 13 A la izquierda posición de apoyo monopodal con flexión de rodilla a 90°, a la derecha posición de apoyo monopodal con flexión de rodilla y cadera a 90°.	48
Figura 14 Diagrama de flujo para el desarrollo del proyecto. Fuente Propia.....	50
Figura 15 EDT para el desarrollo del proyecto .....	54
Figura 16 Cronograma de Actividades .....	63

### **LISTA DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1 .....	18
Ilustración 2 .....	26
Ilustración 3 .....	27
Ilustración 4 .....	65
Ilustración 5 .....	68
Ilustración 6 .....	71
Ilustración 7 .....	74
Ilustración 8 .....	77
Ilustración 9 .....	79

### **LISTA DE ANEXOS.**

- Anexo 1. Resolución Comité de ética
- Anexo 2. Protocolo de Evaluación Deportistas
- Anexo 3. Protocolo Manejo de Lesiones
- Anexo 4. Reporte Estabilidad
- Anexo 5. Reporte Salto SQJ
- Anexo 6. Reporte Salto CMJ
- Anexo 7. Reporte Salto ABK
- Anexo 8. Reporte Salto DPJ
- Anexo 9. Reporte Salto Ollie

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta una caracterización del deportista de skateboarding a nivel biomecánico, desde un punto de análisis cinemático, cinético y espacio temporal, obtenidos a partir de la implementación de las pruebas de Bosco y de Romberg.

El skateboarding surgió en los Estados Unidos en California y Hawái a fines de los años cuarenta. La idea de este deporte provino de surfistas que querían recrear la sensación de montar olas en las calles y por esta razón, diseñaron un aditamento basado en una tabla con dos sistemas de ruedas amortiguadas que permitía simular esta sensación. A nivel nacional el deporte se empezó a implementar hacia 1990 y se basa en el desarrollo de figuras sin que los pies toquen el piso y sin caerse.

En el mundo se han realizado estudios basados en distintas técnicas para evaluar el comportamiento a nivel cinético de los diferentes movimientos a nivel de la disciplina en especial en los análisis de los saltos verticales usando la patineta como los desarrollados por Edwar Frederick, Saunders et al, Hubbard, M, Schwab, A, adicionalmente, se han realizado comparaciones a nivel de fuerzas triaxiales sobre una plataforma de fuerza en sujetos practicantes de patinaje y el comportamiento de la fuerza en el uso de diferentes aditamentos; se ha reportado que el uso de diferentes accesorios modifica la fuerza de impacto y que con esto se podría evitar lesiones, por otro lado, se han presentado modelos simulados en el que se establece que el ser humano actúa como un controlador óptimo y adaptable a condiciones de estabilidad sobre superficies inestables que tiene movimiento como las patinetas y los ciclistas, en estos estudios se plantea la base teórica del modelamiento de estabilidad en relación a la velocidad. Sin embargo, en estos trabajos no se determinaron las características de fuerza y potencia desarrolladas por los deportistas ni tampoco la altura de salto alcanzado, lo cual no permitiría caracterizar la cinética del miembro inferior, además, no incluyeron en sus análisis las características físicas del impacto y adicionalmente, se centraron en el objeto, pero no en los deportistas [9] [10][11][12][13].

Por otro lado, se han realizado estudios basados en los deportes referentes a las disciplinas de deportes sobre ruedas como patinaje artístico, patinaje de velocidad, patinaje de pista y hockey, en donde evalúan el comportamiento del equilibrio postural se generan desarrollos a nivel de modelos de trayectoria y en los que se realiza una caracterización de la biomecánica de patinadores. Estas investigaciones son más populares teniendo en cuenta que estas disciplinas se encuentran avaladas en competencias olímpicas de invierno y de manera profesional a nivel internacional.

Teniendo en cuenta que el skateboarding tiene proyectada su participación en los olímpicos de Tokio 2021, que su desarrollo deportivo radica únicamente bajo torneos patrocinados como los X-GAMES y como se expuso anteriormente no hay evidencia suficiente que permita entender las características a nivel biomecánico de los deportistas

nacionales de esta disciplina lo que permitiría potenciar sus habilidades durante los diferentes tipos de entrenamiento con el fin de lograr participar en eventos de talla internacional.

En la actualidad, Bogotá cuenta con 12 parques distritales para la práctica de skateboarding de manera gratuita y por Colombia se encuentran deportistas en procesos clasificatorios para los juegos olímpicos de Tokio.

De acuerdo con la resolución 095 del 26 de junio de 2018 de la federación nacional de patinaje - FEDEPATIN quien avala esta disciplina, el skate se encuentra distribuido en dos disciplinas: parque y callejero, pero al analizar el desarrollo de las técnicas en ambas modalidades, estas se caracterizan por factores de estabilidad sobre la tabla, saltos y amortiguación de caída en miembros inferiores.

Uno de los principales inconvenientes que ha tenido esta disciplina radica en el comportamiento y estigmatización social del deporte y la presencia de lesiones a nivel osteomuscular que pueden ser graves teniendo en cuenta los impactos y los elementos utilizados para el desarrollo de los trucos, sin embargo diferentes autores han reportado que el skateboarding no es tan peligroso y que se puede disminuir el riesgo de lesiones si se toman las medidas adecuadas para la gestión de riesgos. Adicionalmente, estos plantean que el skateboarding debe fomentarse como una actividad física y que se deben proporcionar espacios supervisados y especializados para que los jóvenes practiquen este deporte.

Partiendo de estos antecedentes, esta investigación presenta una caracterización a nivel cinético, cinemático y espaciotemporales de los deportistas de skateboarding de la ciudad de Bogotá, que les brindará a los entrenadores herramientas que permitan comprender el deporte desde un punto de vista biomecánico y caracterizado a la población colombiana se podrá generar herramientas y estrategias para lograr disminuir el riesgo de lesiones en los deportistas y optimizar su desempeño deportivo.

Para lograr esta caracterización se utilizó sistemas de análisis de movimiento, plataformas de fuerza y plataformas de estabilometría como herramientas tecnológicas para el diagnóstico, la prevención y el seguimiento del movimiento corporal que han sido referenciado por diferentes autores como herramienta de estudio de la marcha y del gesto deportivo frente al análisis de riesgos de lesión y su proceso de recuperación y como herramienta de análisis de las capacidades físico mecánicas para optimizar un deportista y se desempeñó. La caracterización se desarrolló a través de pruebas validadas internacionalmente como las pruebas de Bosco y de Romberg.

El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá a futuro encontrar las diferencias y semejanzas con otros deportes con el fin de evaluar métodos de entrenamiento desarrollados en otras disciplinas o involucrar practicas del skateboarding

con el fin de potencializar elementos como la estabilidad o la fuerza explosiva en los deportes tradicionales.

Este proyecto aporta nuevo conocimiento estadístico en el área de biomecánica deportiva al grupo de investigación GIBIOME perteneciente a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, desde el punto de vista de identificación de sistemas biomédicos y específicamente desde el punto de vista biomecánico que busca encontrar soluciones enmarcadas en el ámbito social para mejorar la calidad de vida del ser humano y en este caso poder mejorar la calidad de vida de los deportistas que practican skateboarding en Bogotá, brindando una caracterización de componentes del movimiento para comprender las ventajas desventajas, aspectos a mejorar y niveles de riesgo que puedan influir directamente en el deportista.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 ANTECEDENTES

El skateboarding surgió en los Estados Unidos en California y Hawái a fines de los años cuarenta. La idea de este deporte provino de surfistas que querían recrear la sensación de montar olas en las calles y por esta razón diseñaron un aditamento basado en una tabla con dos sistemas de ruedas amortiguadas que permitía simular esta sensación [1]. Este nuevo deporte, se propagó rápidamente, alcanzando un éxito inimaginable en tan poco tiempo, ya que desde los años setenta es practicado en todo el mundo[2].

Las primeras patinetas eran simples tablas en madera, con ruedas de patines de metal, clavadas en la madera. Algunas de estas tenían clavadas cajas de madera, y tenían manijas para controlarlas.

En la década de 1950, las patinetas se empezaron a parecer más a las que se conocen hoy en día. Como el surfing en el mar se hacía cada vez más popular, algunas personas empezaron a pensar en diseñar una tabla que la gente podía usar para surfear o deslizarse en las escaleras. Las suspensiones fueron modificadas para que los conductores se pudieran mover más fácilmente y la primera competencia de patinetas se celebró en 1963 en la Escuela *Pier Avenue Junior*, en California [3].

El deporte llegó a Colombia hacia 1990 y se caracteriza por hacer figuras, sin que los pies toquen el piso. No hay reglas, todo vale, desde las caídas hasta la manera de hacer los movimientos. Existen todo tipo de saltos y piruetas que sus practicantes deben hacer para ganar, tal como el *black fly*, el cual consiste en saltar y rodar. Dicen los expertos que el secreto está en la fuerza de las piernas y el equilibrio. En la actualidad existen en el país, profesionales que se ganan la vida practicando el *skate*[4], de acuerdo con Tokio2020.org, para la competición olímpica se dispondrá de 2 pistas diseñadas para el desarrollo de la competición en modalidad park y Street, en ambas disciplinas se contara con la participación de hombres y mujeres, la pista de la modalidad Street está diseñada con diferentes elementos como barandas, escaleras, cajones, que son utilizados por los deportistas para desarrollar sobre estos diferentes acrobacias que de acuerdo con el nivel de complejidad y la perfección en la ejecución le sumara puntajes sobre el desarrollo de la competencia, mientras que la pista de park esta conformada por desniveles tipo bowl, sobre los cuales los deportistas toman impulso para lograr desarrollar acrobacias aéreas, sin embargo, en las dos modalidades la velocidad, las acrobacias y la precisión son los elementos característicos de la competición, otro aspecto relevante es que durante el desarrollo de la presentación desarrollada por cada competidor se contara con música de fondo que permitirá recrear el ambiente normal de la competencia. Las competencias deportivas se desarrollarán en el complejo deportivo

urbano de Ariake y cuenta con una capacidad de 7000 personas. Ambas modalidades cuentan con 2 fases, una denominada preliminares y la otra de eliminatorias, en la primera etapa 20 deportistas competirán en grupos de a 5 personas y los 8 mejores avanzarán a la siguiente etapa, para la modalidad de park, en cada ronda, la competencia tiene una duración de 45 s y cada deportista tiene la posibilidad de sumar el mejor resultado de tres carreras como su puntuación final de la ronda. Cinco jueces utilizan una escala de 0-100 puntos para establecer la calificación del deportista. Las puntuaciones más altas y bajas para cada carrera se quitan y las tres puntuaciones restantes se promedian en dos decimales, lo que resulta en la puntuación final de la carrera. Para la modalidad Street, en cada ronda, los patinadores realizan dos carreras de 45 segundos y cinco trucos. Cinco jueces utilizan una escala de 0-10 puntos para establecer las puntuaciones del deportista teniendo en cuenta la precisión, complejidad y finura de la acrobacia. Las puntuaciones más altas y bajas para cada carrera o truco se descartan, y las tres puntuaciones restantes se promedian a un decimal, lo que resulta en la puntuación final.

El *skateboarding* es un deporte emergente que en la actualidad cuenta con una participación a nivel nacional de forma profesional de 84 deportistas de acuerdo con las cifras presentadas por FEDEPATIN correspondientes al último campeonato nacional desarrollado en el mes de marzo [5], y que en relación con el torneo desarrollado en la ciudad de Facatativá en el mes de noviembre de 2018 presento un incrementó de 53 deportistas [6], demostrando un incremento participativo debido a la creación de diferentes parques públicos para la práctica de esta disciplina [7].

El *skateboarding* ha sido catalogado como deporte olímpico por el Comité Olímpico Internacional (COI) e iniciará su participación en los olímpicos de Tokio 2021. la propuesta del Comité Organizador de Tokio 2021 de incluir el skateboarding fue aprobada en agosto de 2016 y el skateboard hará su debut olímpico completo en 2021. El Skateboarding era anteriormente parte del programa de los Juegos Olímpicos de la Juventud de Nanjing 2014 (YOG) demostrando el potencial del deporte como una oportunidad para que el COI experimente con nuevos deportes y formatos que podrían llevar a la inclusión en los Juegos Olímpicos de verano o de invierno. La inclusión en el programa olímpico completo llevó a la creación de la Comisión de Skateboarding de Tokio 2021 (TSC), que a su vez creó una nueva asociación entre la Federación Internacional de Deportes sobre Ruedas (FIRS) y la Federación Internacional de Skateboarding (ISF) bajo la dirección del COI. La FIRS tomo la iniciativa en "asuntos institucionales", incluido el antidopaje, mientras que la ISF se hará cargo de la "libertad de expresión, pasión y creatividad". El interés del COI por el skateboarding y la eventual inclusión del deporte en los Juegos Olímpicos desencadenó una serie de cambios estructurales en la organización del skateboarding internacional.[52]

Existen iniciativas de práctica y entrenamiento a nivel profesional lideradas por la Federación Nacional de Patinaje (FEDEPATIN). De acuerdo a cifras del último campeonato nacional realizado en Noviembre de 2018 en Facatativá, la participación

femenina fue de 26 deportistas y en género masculino fue de 132 deportistas, Bogotá para este campeonato conto con una participación de 41 personas [8].

Al ser un deporte nuevo en el país y nuevo a nivel olímpico los estudios desarrollados presentan las características biomecánicas del gesto deportivo a través de modelos simulados, situación que dificulta la toma de decisiones en el desarrollo deportivo, en la rehabilitación y el diseño de planes de entrenamiento enfocados a potencializar o mejorar las habilidades básicas del deportista con el fin de mejorar su desempeño.

En el mundo se han realizado estudios basados en distintas técnicas como el presentado por Frederick en 2006 en el que evalúa el comportamiento a nivel cinético de un movimiento denominado "ollie" el cual consiste en un salto vertical usando la patineta, este estudio evaluó el comportamiento de las fuerzas de reacción del piso durante el impacto en el ollie en siete deportistas profesionales, en donde encontró que la fuerza propulsiva normalizada en el peso corresponde en promedio a 2.22 N/Kg y que durante el impacto se obtiene una amortiguación de fuerza entre 30 a 80 ms [9]. En este estudio no se determinaron las características de fuerza y potencia desarrolladas por los deportistas ni tampoco la altura de salto alcanzado, lo cual no permitiría caracterizar la cinética del miembro inferior.

Saunders et al en 2004, desarrollaron una comparación en los resultados de fuerzas triaxiales sobre una plataforma en sujetos practicantes de patinaje y el uso de diferentes aditamentos, reportaron que el uso de diferentes accesorios (tipo de ruedas, forma del calzado y tipo de patin) modifican la fuerza de impacto a nivel de amortiguación y que con esto se podría evitar lesiones pero no incluyeron en sus análisis las características físicas del impacto adicionalmente se centraron en el objeto pero no en el deportista[10].

En relación con el componente estabilométrico los estudios realizados se basan en cómo lograr una estabilidad sobre la tabla y en simulaciones de modelos biomecánicos de estabilidad basados en velocidad inclinación y equilibrio.

Hubbard, M, en 1980 fue la primer persona en presentar un modelo simulado en el que se establece que el ser humano actúa como un controlador óptimo y adaptable a condiciones de estabilidad sobre superficies inestables que tiene movimiento como las patinetas y las bicicletas, él en este estudio plantea la base teórica del modelamiento de estabilidad en relación a la velocidad, sin embargo no realiza una caracterización de deportistas y para la comprobación de su modelo usó una cámara de video convencional para registrar gráficamente el movimiento y analizo el movimiento lateral del deportista durante el desplazamiento y la compensación que este realiza para evitar la pérdida de equilibrio[11].

Schwab, A, en 2005 plantea un estudio simulado para comprobar que la estabilidad depende de la velocidad y concluyo que la estabilidad está relacionada con la inclinación del ángulo del eje del tobillo de modo que cuanto mayor sea el ángulo del eje de inclinación se ocasiona una pérdida de estabilidad y que la articulación del tobillo funciona como el sistema de control de la dirección y que el más leve cambio sobre esta articulación generaría una pérdida de equilibrio y caída, sin embargo el estudio fue únicamente simulado y no tuvo una evaluación experimental que permitiera comprobar que factores como variaciones de carga de peso e inestabilidades pudiesen afectar la estabilidad sobre la patineta [12].

Varszegi, B et al, en 2015 plantea un modelo de simulación de estabilidad a partir del método Gibbs-Appell, en el cual se analiza el control sobre la patineta en relación a la velocidad en un movimiento rectilíneo, sin embargo no se contempla mediciones que permitan corroborar los parámetros de estabilidad durante el movimiento ni contempla las piruetas realizadas por los deportistas[13].

Los estudios planteados a nivel de estabilidad no toman en cuenta las características medidas por medio de instrumentos como plataformas de fuerza o plataformas de presión de esta característica para entender la relación y el efecto en el deportista.

Por otro lado los estudios se basan más en los deportes como patinaje artístico, patinaje de velocidad patinaje de pista y *hockey*, como los presentados por Walsh M, en 2018 y que evalúa el comportamiento del equilibrio postural en jugadores de *hockey* a nivel de oscilaciones medio laterales y anteroposteriores del centro de gravedad [14] o el planteado por Takasugi, N en 2018 que desarrollo modelos de trayectoria y movimiento aplicados a un robot humanoide para tareas de caminar, montar patineta y patines pero que como trabajo futuro se centrara en el desarrollo y evaluación del movimiento en patinaje sobre hielo [15], o como el planteado por Chen J, en 2019 en el cual se realiza una caracterización de la biomecánica de patinadores analizando los ángulos articulares en diferentes posiciones deportivas y a través de una banda de entrenamiento [16]. Estudios en deportes sobre ruedas como los mencionados anteriormente son más populares ya que son disciplinas avaladas en competencias olímpicas de invierno y de manera profesional a nivel internacional.

Teniendo en cuenta que el *skateboarding* aún no ha tenido una participación de fondo a nivel mundial como se observa en la ilustración 1. únicamente bajo torneos patrocinados como los *X-GAMES* y *competencias a nivel de Estados Unidos y Canadá*, al desarrollo de las federaciones y articulaciones entre las ligas y como se expuso anteriormente no hay evidencia suficiente que permita entender las características a nivel biomecánico de los deportistas nacionales de esta disciplina y como poder potenciar sus habilidades durante los diferentes tipos de entrenamiento con el fin de lograr participar en eventos de talla internacional.



*Ilustración 1 Cronología de la organización del skateboarding competitivo internacional. Fuente: How skateboarding made it to the Olympics: an institutional perspective. [52]*

## 2.2 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA

Teniendo en cuenta que el *skateboarding* aún no ha tenido una participación de fondo a nivel mundial (únicamente bajo torneos patrocinados como los *X-GAMES*) y como se expuso anteriormente no hay evidencia suficiente que permita entender las características a nivel biomecánico de los deportistas nacionales de esta disciplina y como poder potenciar sus habilidades durante los diferentes tipo de entrenamiento con el fin de lograr participar en eventos de talla internacional, se requiere responder a la pregunta ¿Cuáles son las características cinéticas y estabilométricas del gesto deportivo del skateboarding en deportistas de la ciudad de Bogotá?

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La inclusión del skateboarding como disciplina olímpica, el desarrollo de parques distritales para el desarrollo de esta disciplina a nivel distrital y el crecimiento de participantes de este deporte, plantean retos a nivel del entrenamiento deportivo. Los diferentes análisis biomecánicos desarrollados y presentados para otras disciplinas deportivas han permitido disminuir el riesgo de lesiones, mejorar las condiciones físicas y mejorar el desempeño deportivo.

De acuerdo con el diario El País de España, se calcula que, solo en Estados Unidos, hay unos 10 millones de personas practicando esta disciplina y aunque no existe un censo oficial, se habla que a nivel mundial hay aproximadamente 40 millones de skater. Sin embargo, las características sociales del deporte evidencian una práctica deportiva caracterizada por ideales anarquistas en donde los deportistas poseen su propia cultura, nadie va a decirle a un skater cómo debe montar y menos exigirle que se inscriba en un club o federación para que se considere como tal. Sin embargo, uno de los objetivos de la diferentes Federaciones de Patinaje a nivel mundial es el desarrollo de clubes y aumentar la práctica de esta disciplina a nivel profesional [53].

A nivel nacional, FEDEPATIN quien avala esta disciplina deportiva, reporto que para el I Campeonato Nacional 2021 se conto con un total de 71 deportistas y que para el año 2019 en el campeonato nacional tuvo una participación de 84 deportistas a nivel competitivo [8].

Al ser el skateboarding una disciplina emergente, es fundamental poder tener una caracterización biomecánica a nivel local de la población que participa en este deporte con el fin de entender y desarrollar estrategias por los diferentes profesionales de las ciencias deportivas con el fin de disminuir el riesgo de lesiones, generar bases para el perfilamiento deportivo y establecer planes de mejora para la optimización de estos desde una mejora a nivel de fuerza en miembro inferior, trabajo vestibular para mejorar las condiciones de equilibrio y a nivel elástico para mejorar la respuesta a nivel muscular, teniendo en cuenta el crecimiento a nivel competitivo de la disciplina deportiva y la creación de parques destinados a la práctica de este deporte, teniendo como bases los entrenamientos enfocados en fuerza, resistencia y elasticidad.

Desde la ingeniería biomédica y específicamente desde la biomecánica se plantean análisis sobre los componentes físicos y mecánicos medidos y calculados a través de pruebas validadas y utilizadas en el campo deportivo que sirven de base para los entrenadores y metodólogos deportivos para el diseño de planes de entrenamiento enfocados en la disciplina.

Este proyecto presenta la caracterización de los deportistas de skateboarding de la ciudad de Bogotá que servirá de base para el desarrollo y el crecimiento deportivo de esta disciplina a nivel nacional y local.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, Bogotá cuenta con 12 parques distritales para la práctica de *skateboarding* de manera gratuita [17] y de acuerdo con conexión capital, por Colombia competirán 7 deportistas en el panamericano de esta disciplina en Lima a desarrollarse en el 2019 y que otorga un cupo para los olímpicos de Tokio 2020 [18].

De acuerdo con la resolución 095 del 26 de junio de 2018 de FEDEPATIN quien avala esta disciplina de deporte, el *skate* se encuentra distribuido en dos disciplinas: parque y callejero [19], pero al analizar el desarrollo de las técnicas en ambas modalidades, estas se caracterizan por factores de estabilidad sobre la tabla, saltos y amortiguación de caída en miembros inferiores. Poder cuantificar las características a nivel biomecánico que desarrollan los deportistas de este deporte desde el punto de vista cinemático y cinético, permitirá a los entrenadores deportivos diseñar planes de entrenamiento, optimizaciones deportivas, diseño de elementos por parte de ingenieros especialistas en biomecánica y diseñadores industriales y prevención de lesiones por parte de profesionales en ciencias del deporte, biomecánicos y fisioterapeutas para el desarrollo de esta práctica.

Feletti F, et al, en 2018 presento una revisión sobre las principales lesiones en jóvenes y niños que practican skateboarding y en sus hallazgos sugieren que, si bien las lesiones en este deporte pueden ser graves, el skateboarding no es tan peligroso y se puede disminuir el riesgo de lesiones si se toman las medidas adecuadas para la gestión de riesgos. Adicionalmente, plantea que el *skateboarding* debe fomentarse como una actividad física y que se deben proporcionar espacios supervisados y especializados para que los jóvenes practiquen este deporte [20]. Partiendo de esta investigación es necesario como Feletti lo plantea poder brindar a los entrenadores herramientas que permitan comprender el deporte desde un punto de vista biomecánico y caracterizado a la población colombiana que pueda generar herramientas y estrategias para lograr disminuir el riesgo de lesiones en los deportistas.

A lo largo de los años el uso de sistemas de análisis de movimiento, plataformas de fuerza y plataformas de estabilometría han servido como herramientas tecnológicas para el diagnóstico, la prevención y el seguimiento del movimiento corporal, Rodríguez E.G, et al, en 2018, plantea que utilizar sistemas de análisis de movimiento como como herramienta de estudio de la marcha y del gesto deportivo aparte de poder analizar el comportamiento de una deportista frente a una lesión y su proceso de recuperación, también es una herramienta que permite realizar un análisis de las capacidades disponibles para optimizar un deportista y se desempeñó [21]. Adicionalmente, Ramírez N, plantea que es necesario poder instruir a los entrenadores deportivos sobre las

características biomecánicas del deporte así como en sus fundamentos con el fin de poder mejorar las habilidades de estos[22]. A partir de este concepto este trabajo permitirá desarrollar el conocimiento biomecánico a nivel nacional en este deporte y con esto poder desarrollar las habilidades de los *skaters*.

De acuerdo con estas cifras y con el interés de los jóvenes en la práctica de este deporte es importante poder contar con estudios a nivel nacional que permitan conocer las ventajas, características y oportunidades de los deportistas colombianos que practican este deporte para evitar lesiones y poder enfocar los entrenamientos de una manera más personalizada con el fin de poder obtener participaciones a nivel olímpico y posiblemente ser partícipes de la premiación en esta disciplina, permitiendo un beneficio a los deportistas, entrenadores, ligas y entes gubernamentales al poder evidenciar el compromiso deportivo y la evaluación tecnológica de los atletas.

El desarrollo de este proyecto de investigación permitirá a futuro encontrar las diferencias y semejanzas con otros deportes con el fin de evaluar métodos de entrenamiento desarrollados en otras disciplinas o involucrar practicas del *skateboarding* con el fin de potencializar elementos como la estabilidad o la fuerza explosiva.

Este proyecto pretende aportar al grupo de investigación GIBIOME perteneciente a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito desde el punto de vista de identificación de sistemas biomédicos y específicamente desde el punto de vista biomecánico que busca encontrar soluciones enmarcadas en el ámbito social para mejorar la calidad de vida del ser humano y en este caso poder mejorar la calidad de vida de los deportistas que practican *skateboarding* en Bogotá brindando una caracterización de componentes del movimiento para comprender las ventajas desventajas, aspectos a mejorar y niveles de riesgo que puedan influir directamente en el deportista, y al grupo de investigación IMED de la Fundación universitaria del área andina desde la línea de investigación en entrenamiento deportivo el cual es considerado una actividad sistematizada de larga duración y fluctuante para la planificación, dosificación y control; con una longevidad de verificación de forma individualizada y específica basada en procesos investigativos. No obstante, esta es un área del conocimiento en avance a nivel nacional, lo que justifica la importancia de desarrollar procesos de investigación aplicada y formativa que transformen el quehacer de los profesionales en entrenamiento deportivo hacia una visión innovadora que plantee soluciones relevantes y novedosas a las necesidades de conocimiento existentes en el sector, desde la línea en entrenamiento deportivo se busca analizar, verificar y controlar los procesos de desarrollo deportivo para los contextos convencionales, paradesportivos y alternativos, en los diferentes niveles de preparación deportiva emitidos en el Sistema Nacional del Deporte en Colombia, en procura de fortalecer el desarrollo y la reserva deportiva en las regiones.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. GENERAL**

Caracterizar las variables cinéticas y estabilométricas del gesto deportivo del *skateboarding* en deportistas de la ciudad de Bogotá.

### **5.2. ESPECÍFICOS**

- Determinar las características cinemáticas desde la altura de salto y velocidad del gesto deportivo del *skateboarding* en deportistas de Bogotá.
- Estimar las características cinéticas a nivel de fuerza, carga, potencia y reacción del gesto deportivo del *skateboarding* en deportistas de Bogotá.
- Definir las características estabilométricas a nivel de desplazamientos medio laterales, anteroposteriores y desplazamiento global del centro de presión.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 DESCRIPCIÓN DEL DEPORTE**

El skateboarding es un deporte que se basa en la propulsión sobre una patineta, la cual es compuestas por una tabla en madera prensada de alta resistencia, ejes, rodamientos y ruedas, que permiten la movilidad del deportista sobre esta para el desarrollo de trucos y para la maniobrabilidad. Sobre la superficie de la madera se ubica una superficie lijada la cual permite aumentar la fricción entre el calzado del deportista y la tabla para mejorar el agarre y adicionalmente poder realizar desplazamientos con el fin de poder completar las acrobacias dentro del desarrollo de la competencia.

La tabla comprende un rango de medida general entre 7'5 y 8'5 pulgadas de ancho y de 30 y 31 pulgadas de longitud, tiene concavidad en los extremos para que se puede elevar al presionarla. Los ejes pueden ser más altos, bajos, anchos o estrechos, en función de la tabla que se utilice. La calidad de los rodamientos se guía en función de su material (acero o cerámica), de la precisión que va acorde con la especificación industrial aceptada que describe la capacidad de los rodamientos para soportar la presión administrada en ellos, la lubricación que pueden ser de grasa o aceite y el sellado. Las ruedas están compuestas de poliuretano y tienen un diámetro comprendido entre los 49 y los 60 centímetros, las ruedas de centímetros más altos se usan para la modalidad Park y Down Hill y para poder coger más velocidad y las de menos centímetros son más usadas para la modalidad Street, debido a que son más ligeras y más fácil que se eleven a la hora de realizar los trucos y que se deslicen sobre obstáculos[23].

#### **6.1.2 HISTORIA**

El Skateboarding tiene sus inicios en los años 50, en California en los Estados Unidos, donde los practicantes de surf al intentar trasladar esta disciplina a la tierra modificaron las tablas de surf, para poder realizarlo en cualquier época del año y sin necesidad de que haya olas. En el año de 1959, se desarrolló la primera patineta comercial denominada Roller Derby, la cual batió récord de ventas en los almacenes de la época, posteriormente en 1963 se popularizo el deporte y se inició la fabricación específica de los elementos de la patineta a cargo de la compañía Makaha, la cual decidido conformar el primer equipo de skateboarding a nivel mundial.

En 1963 en la ciudad de California, tuvo lugar el primer campeonato de skateboard y dos años después ya se había multiplicado la cantidad de skaters y comenzaron a organizarse los primeros campeonatos internacionales que se desarrollaron en 1965.

En 1973 las ruedas de uretano revolucionaron el deporte permitiendo un recorrido más suave y seguro. Las tablas de skate se ensancharon también, ampliándose de 16cm a más de 23cm, proporcionando mejor estabilidad en superficies verticales.

Alan Gelfand inventó el Ollie a finales de los 70 e impulsó el skateboard al siguiente nivel. El auge del skate hizo que se empezaran a editar revistas especiales para los apasionados, además de ser inspiración de películas y canciones.

En la década del 70, el deporte perdió su popularidad debido a la ausencia de lugares donde practicarlo ya que casi no había pistas y por el peligro que tenía, se prohibió andar en las calles.

A inicios de la década de los 80 reaparece el skate. En esta nueva etapa se crean las “half-pipe” que son las pistas diseñadas en forma de “U”, que gracias a sus bajadas permiten alcanzar buenas velocidades para realizar saltos y acrobacias más complejas.

Las diferentes rampas, pipes y bowls en los skateparks han liderado el cambio en equipamiento. Los años 90, mostraron al skate como un deporte callejero consolidado y con millones de personas que lo practicaban en el mundo. Desde ese entonces se disputan cada vez más campeonatos, se realizan importantes coberturas y transmisiones televisivas, y se profesionaliza al nivel de otros deportes extremos.

En el año 2017, el comité olímpico internacional decidió incluir el skateboarding como disciplina olímpica y aprobó su primer participación en los juegos olímpicos a desarrollarse en Tokio 2020 [24].

El deporte llegó a Colombia a finales de la década de los 80, exactamente a la capital del país, pioneros de esta generación deportiva fueron Julio Romero, Pepe Piedradita, Jaime Bulla, Mateo Rodríguez entre otros, quienes comenzaron la práctica de este deporte entre los 12 y 15 años y se reunían en las diferentes calles de Bogotá saltando andenes y realizando los diferentes trucos sobre la arquitectura de la ciudad. A mediados del 2006, el 21 de junio se celebró el primer día internacional del skateboard en Colombia, este evento lo promovió Pepe Piedradita en cual se desarrollaron las primeras competiciones a nivel amateur ganando Mauricio Mora quien desarrollo un noli flip 360 a las seis escaleras de la estrella en el centro de Bogotá, este evento impulso el crecimiento del skate Colombiano, en el año 2007 se construyó en Bogotá la primera mini rampa para deportes extremos en la localidad de Engativa, al ver este avance los skaters de diferentes localidades pasaron una propuesta a la alcaldía de la candelaria para aprobar la construcción del bowl del Guavio ubicado en esta zona. La segunda ciudad en generar historia en el skate colombiano fue Medellín y cuenta con un representante competidor a nivel internacional, el skater David González, joven antioqueño ganador del SOTY skater del año en 2012 (premio al mejor skater mundial, reconocido por la revista Thrasher Magazine), dándole un reconocimiento al deporte en Colombia. FEDEPATIN en 2017, de acuerdo con el aval olímpico a la disciplina desarrollo el comité de skateboard que son los encargados de generar espacios y eventos de skate a nivel nacional el cual está conformado por skaters vieja escuela como Cristian Gaitán y el mono Bulla y que junto al IDRD gestionan los espacios distritales para eventos o creación de parques para la práctica de este deporte extremo [54].

### 6.1.3 TRUCOS

Para la práctica de este deporte el truco fundamental se denomina Ollie, debido a que el 90% de los trucos se basan en él. Este truco se basa en un salto vertical con la tabla de manera estática o dinámica, es decir cuando se desplaza sobre la patineta.

Los trucos de skate son todos aquellos movimientos que tienen un cierto grado de complejidad, más allá hay simples y más complicados y son una muestra del nivel y las condiciones potenciales que puede llegar a desarrollar este deporte. Entre los principales trucos de skate se encuentran:

- **Grab:** este tipo de trucos se llevan a cabo en el aire y requieren quedar agarrado a la tabla, por lo que se necesita del Ollie y de una buena altura.
- **Lip:** son los que se usan los bordes metálicos de los bordes de las estructuras en medio tubo o bowl.
- **Flip:** en este tipo de trucos la tabla va separada del skater por algún momento para luego volver a tomar contacto.
- **Grind y Slide:** son los trucos donde se apoyan los ejes en los bordes para deslizarse.
- **De Manual:** son básicamente de equilibrio ya que consisten en andar en dos ruedas e incluso hasta en una sola rueda [25].

### 6.1.4 MODALIDADES

El *skateboarding*, regularmente abreviado como *skate*, presenta dos modalidades en Tokio 2020: Street y park.

El *skate* nació en las calles y ese es su hábitat natural, de manera que la modalidad Street solo recrea los elementos que existen en un cono urbano y allí los atletas deberán realizar su mejor performance, dentro de estos trucos que tienen nombres conocidos en la comunidad, como *Grind*, *Slide*, *ollie*, entre otros. Son saltos y maniobras con la patineta, para lograrlo la pista recrea algunos elementos de un parque, como bancos, pasamanos, barandillas, etc.

En la modalidad park, los skaters deberán mostrar sus mejores trucos en rampas [26].

- **Categoría Parque**

En esta modalidad sólo hay rampas con transición, o sea que entre el piso y la pared (a °90) hay una curvatura del concreto. Están incluidas en la modalidad park todas las que

se practican en rampa curva: miniramp, vertical y bowls, las cuales son variantes del mismo tipo de rampa pero varían en tamaños y combinaciones de curva [27].

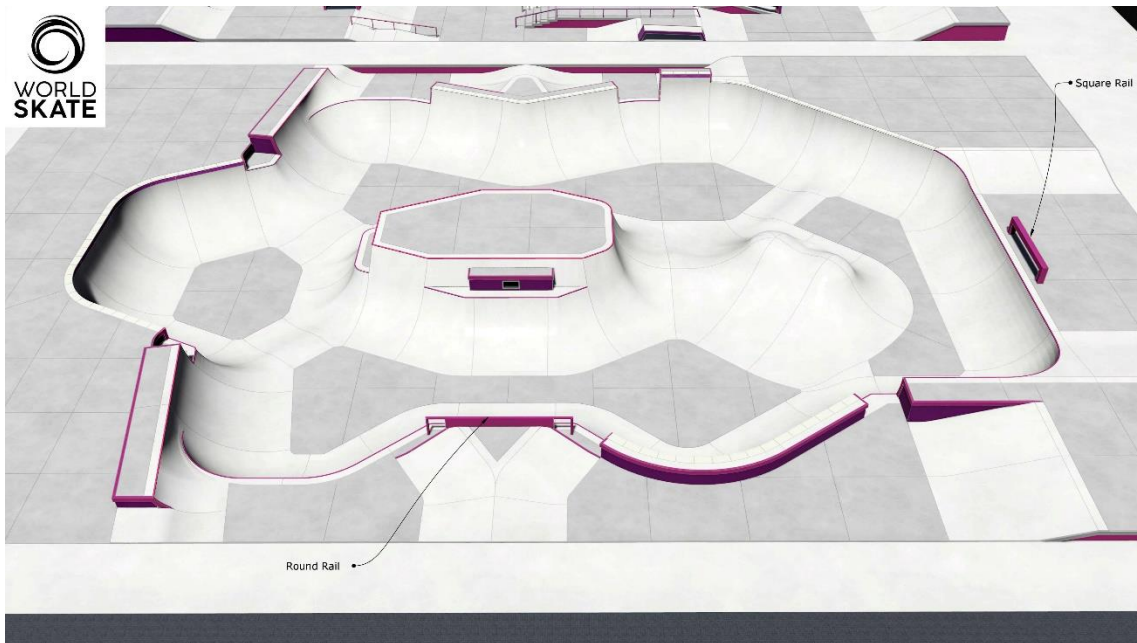


Ilustración 2 Modelo de escenario deportivo para modalidad Park. Fuente: [Skateboarding \(tokyo2020.org\)](https://www.skateboarding.tokyo2020.org/)

- **Categoría Callejera**

Esta modalidad se basa en el desarrollo de trucos sobre elementos de calle como escaleras, andenes, bancos, pasamanos, barandas, mesas y demás obstáculos presentes en las zonas urbanas. Para el desarrollo de esta modalidad los parques para la práctica del deportes cuentan con rampas, escaleras, rieles y escalones, entre otros, para que los deportistas puedan desarrollar sus maniobras sin generar problemas a nivel urbano [28].

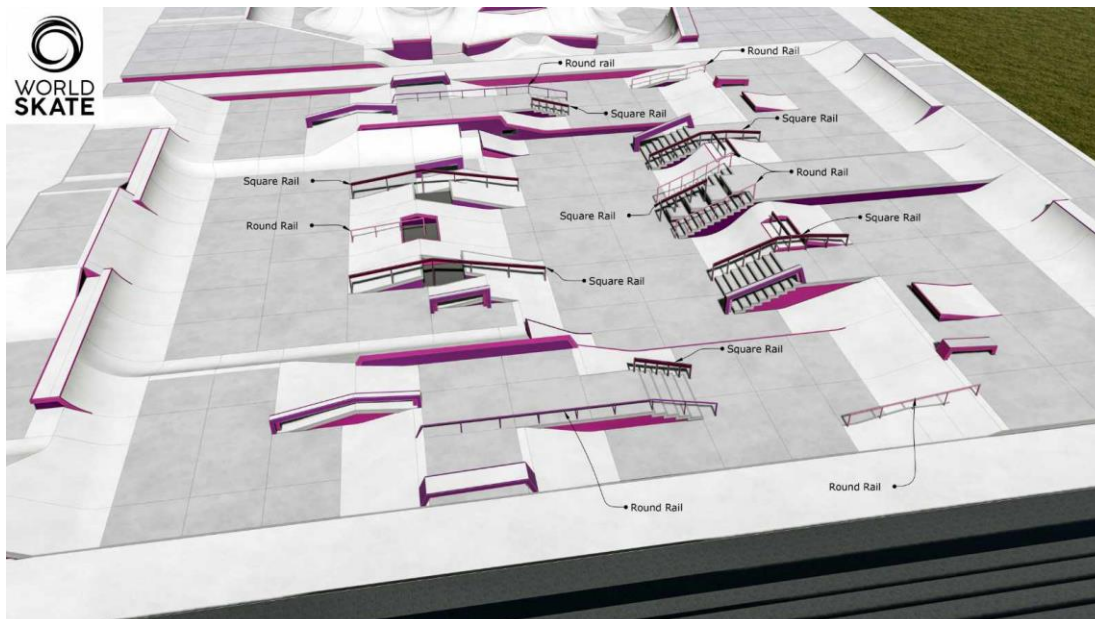


Ilustración 3 Modelo de escenario deportivo para modalidad Street. Fuente: [Skateboarding \(tokyo2020.org\)](http://Skateboarding (tokyo2020.org))

## Especificaciones técnicas de los materiales

- Patineta

Una patineta consiste en una plataforma con cuatro ruedas unidas por trucks. No existen limitaciones de forma, materiales o tamaño de la patineta o sus partes. La patineta no se puede sujetar a los pies de un patinador por ningún medio físico.

- Casco

Solo se permiten los siguientes tres tipos de cascos:

- Cascos con certificación ATSM, CE, CPSC, SNELL u otras certificaciones válidas verificables.
- Cascos fabricados con EPS (Poliestireno expandido) como componente principal para la absorción de impactos.
- Cascos fabricados sin utilizar EPS, pero que han recibido la aprobación por escrito de WORLD SKATE.

## Procedimientos Previos A La Competencia

- Práctica previa a la competición: se les dará a los patinadores una buena cantidad de práctica antes del comienzo de una competición. Durante la práctica previa a la competición, solo los Patinadores registrados pueden acceder al campo (campo de competición). Se organizará una sesión de práctica separada para patinadoras.

- Calentamiento de competición: los patinadores deberán tener al menos 5 minutos de práctica como mínimo antes de la serie de competición. Durante la práctica de competición, solo los Patinadores que estén a punto de competir en la siguiente fase de competición pueden acceder al campo (campo de competición). En condiciones adversas, y por acuerdo de al menos el 50% de los atletas que van a competir en la fase específica del concurso, el director del concurso tiene la capacidad de decidir la realización del evento, incluso si los patinadores no han podido practicar como se describe anteriormente. [55]

## 6.2 CINÉTICA

La cinética es el área de la física mecánica que estudia las fuerzas que originan el movimiento, las cuales al ejercerse sobre un cuerpo ocasionan que este se mueva, frene, acelere, desacelere o cambie de dirección.

La cinética se basa en los tres principios formulados por Newton y que radican en:

- Principio de inercia: esta ley de Newton indica básicamente que un cambio de velocidad se da debido a la presencia de una fuerza que lo ocasiona. Newton indico “que todos los cuerpos se encuentran en un estado de reposo o movimiento uniforme a menos que se vean forzados a cambiar de estado por fuerzas impresas”
- Segunda Ley de Newton: “el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza impresa sobre esta, de modo que la fuerza no solo modifica la velocidad, sino que también tiene la capacidad sobre la dirección del movimiento, así mismo, la acción de más de una fuerza sobre un cuerpo se suma y combinan en un resultado final”.
- Principio de acción y reacción: Newton en esta ley plantea “por toda acción hay siempre una acción opuesta igual, pero con sentido contrario”.

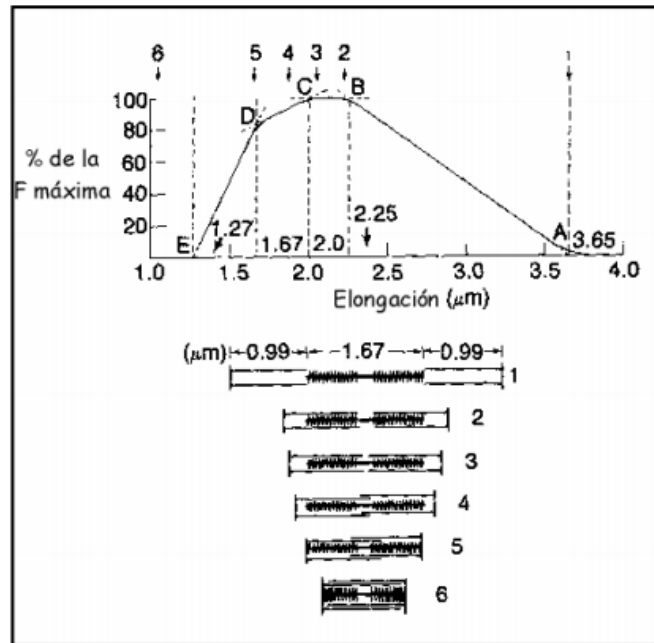
Al aplicar una fuerza sobre un cuerpo, están generan presiones que dependerá de la superficie del cuerpo esta expresión se relaciona en la Ecuación 1.

$$\text{Ecuación 1. } P = \frac{F}{A}$$

### 6.2.1 PRODUCCIÓN DE FUERZA CORPORAL

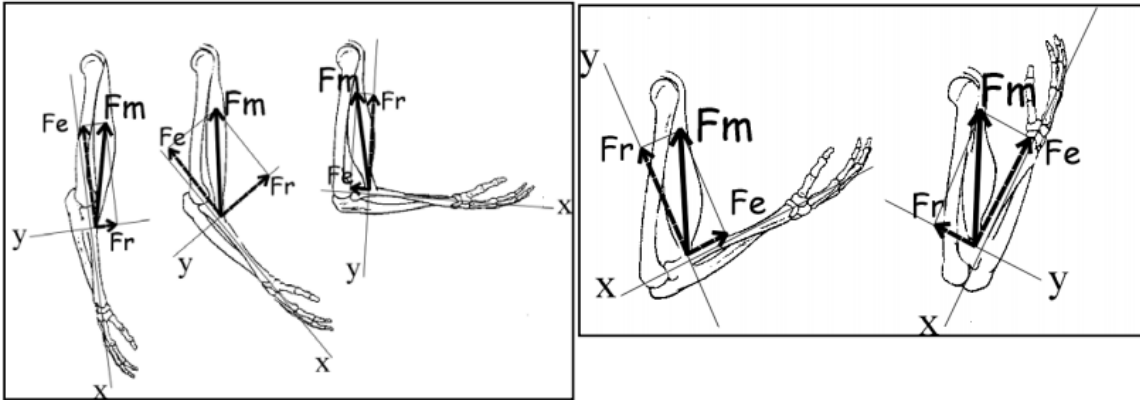
La producción de fuerza corporal depende de la interacción de diferentes factores como aspectos cardiovasculares, hormonales, mecánicos, nerviosos, etc., sin embargo solo los factores mecánicos pueden ser controlados y estimados, dentro de estos factores los más relevantes para el estudio corresponden al pre-estiramiento y a la sección muscular [29].

Dentro del ciclo de pre-estiramiento se busca determinar la tensión y el momento que se puede desarrollar a diferentes longitudes musculares, estos comportamientos se han analizado de manera in vivo e in vitro tal y como el estudio desarrollado por Mc. Mahón en 1984, el cual logro determinar los porcentaje de fuerza correspondientes a diferentes elongaciones, como se observa en la figura 1 [30].



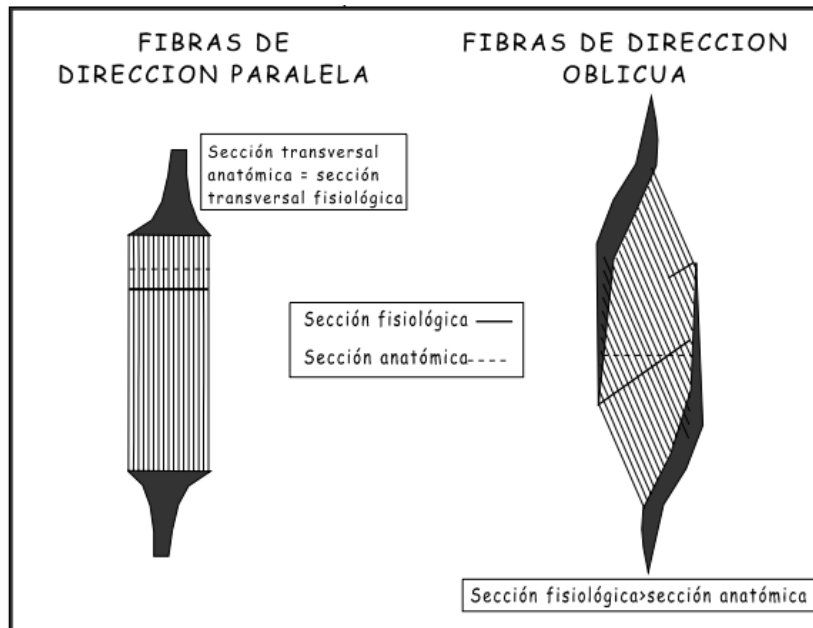
*Figura 1* Cálculo teórico del porcentaje de fuerza contráctil desarrollada ante diferentes grados de elongación muscular. Mc Mahon, 1984

Por otro lado, en los estudios realizados en situaciones in vivo, se observa que la fuerza que se genera en los músculos se puede descomponer en dos vectores concurrentes, teniendo como base el punto de origen del segmento óseo. El primer vector corresponde a la multiplicación de la distancia de la articulación hasta la inserción de esta, el segundo vector denominado como fuerza de coaptación o fuerza estabilizante es un vector que puede cambiar de sentido a lo largo del recorrido articular. Un ejemplo de estos vectores se relaciona en la figura 2. Desarrolladas por William y Lissner en 1992.



**Figura 2** Representación de los vectores y su sentido, de la fuerza muscular ( $F_m$ ), fuerza estabilizante ( $F_e$ ) y fuerza rotacional en la articulación del codo durante diferentes fases del movimiento de flexo extensión. Williams y Lissner, 1962

Con relación a la sección muscular, se rige por dos conceptos, la sección anatómica y la sección fisiológica. La sección anatómica refiere al corte perpendicular a la dirección del musculo mientras que la sección fisiológica se refiere al corte perpendicular con relación a la orientación de las fibras musculares, de modo que músculos de tipo recto tendrán una perpendicular anatómica y fisiológica coincidentes lo cual permitirá a este tipo de músculos lograr desarrollo de velocidad de manera especializada, mientras que en el caso contrario los músculos serán especialistas para el desarrollo de fuerza. En la figura 3. Se observa la relación de la sección anatómica y de la sección fisiología con relación a la perpendicular mencionada.



**Figura 3** Representación gráfica de la sección fisiológica y anatómica. La imagen de la izquierda representa el comportamiento de un musculo recto, músculos especialistas en velocidad, mientras que la distribución de la derecha representa la distribución de fibras de un musculo especialista en fuerza. Williams y Lissner, 1962

## 6.2.2 MANIFESTACIÓN DE LA FUERZA

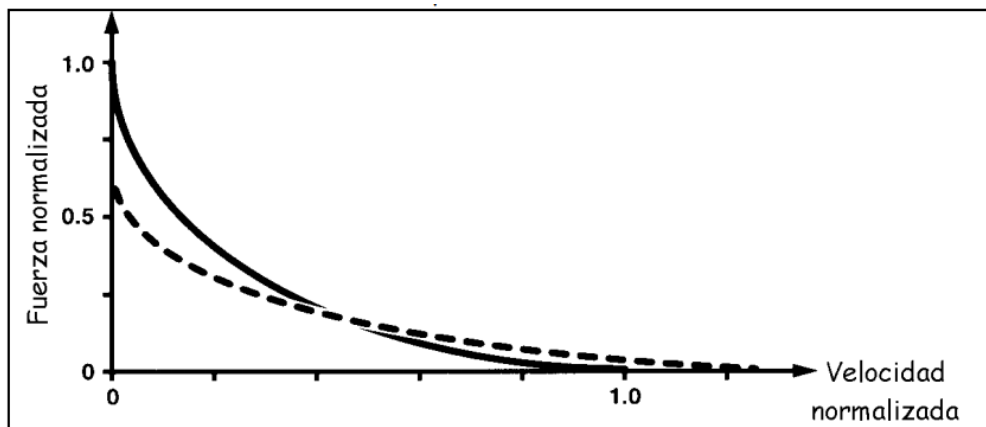
De acuerdo con Hill en 1938, la manifestación de una fuerza se refleja en la carga que se soporta y en la velocidad con la que se desplaza. El producto de la fuerza con relación a la contracción muscular dada por la velocidad del movimiento se denomina potencia, esta potencia alcanza su máximo valor cuando se logra una relación óptima entre la velocidad de contracción y la fuerza desarrollada, la potencia máxima dependerá de factores metabólicos, estructura muscular, el tipo de fibras y el estado en que se encuentran las fibras musculares.

La velocidad de acortamiento – alargamiento varía inversamente con respecto a la fuerza, esta relación está dada por la Ecuación 2. Denominada ecuación de Hill.

$$\text{Ecuación 2. } v = b \cdot (F_0 - F) / (F + a).$$

Donde  $v$  es la velocidad de contracción,  $F_0$  es la fuerza máxima de manifestar el musculo en una contracción isométrica,  $F$  es la fuerza instantánea durante un momento dentro del ciclo de ejecución del movimiento,  $a$  es una constante en base a fuerza y  $b$  es una constante en base a velocidad, estas constantes  $a$  y  $b$  dependen de la distribución de las fibras musculares.

En la figura 4. Se observa la curva de relación entre fuerza y velocidad medido y estimado por parte de la ecuación de Hill y evaluaciones de laboratorio.



*Figura 4* Curva de Fuerza contra velocidad, la curva con línea entrecortada representa el comportamiento de la fuerza a través de la ecuación de Hill, mientras que la curva con la línea continua representa el comportamiento de la fuerza medido de manera directa en laboratorio. Williams y Lissner, 1962

## 6.2.3 POTENCIA FÍSICA

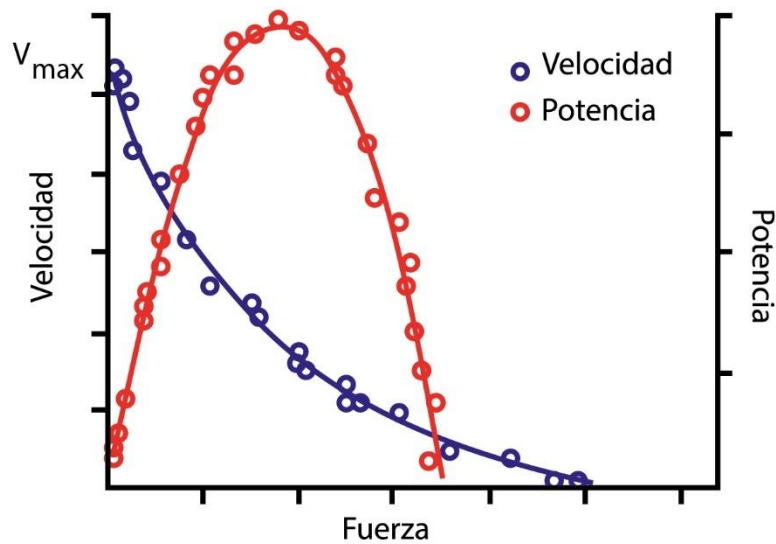
La potencia se define como la cantidad de trabajo realizado (o energía consumida) en un lapso. Esta se define como se registra en la ecuación 3 [31].

$$\text{Ecuación 3. } P(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{W}{\Delta t} \right) = F * v$$

Cuando la potencia se refiere a las acciones musculares es preferible expresar la potencia como el producto de la fuerza de contracción por la velocidad de movimiento. Como la potencia depende la fuerza desarrollada, al igual que esta se rige por los conceptos expuestos de producción y manifestación de fuerza.

La potencia máxima viene determinada por una serie de factores que varían en función del patrón de movimiento analizado y esta depende de factores metabólicos, estructura muscular, el tipo de fibras y el estado en que se encuentran las fibras musculares.

Como se expresó con anterioridad a nivel de potencia la velocidad de movimiento se va a regir por la ecuación de Hill expresada anteriormente en la ecuación 2. Sin embargo el comportamiento de potencia en relación con la velocidad cambia en relación con la curva de Fuerza velocidad tal y como se observa en la figura 5.



*Figura 5 Curva fuerza –velocidad de acortamiento durante la contracción isotónica*

A nivel corporal la potencia dependerá de la capacidad anaeróbica aláctica la cuál corresponde a la cantidad de ATP total que puede ser re-sintetizado por procesos metabólicos anaeróbicos y sin producción de lactato y de la capacidad anaeróbica láctica o glucolítica que corresponde a la cantidad total de ATP que puede re-sintetizar la vía glucolítica en un esfuerzo de máxima intensidad hasta el agotamiento. [56]

Con el fin de poder determinar el comportamiento a nivel de capacidad anaeróbica aláctica y glucolítica, se han desarrollado diferentes pruebas que buscan determinar los

valores de fuerza, potencia y velocidad entre otros. Dentro de estas pruebas se encuentran test pliométricos que se basan en la evaluación de los ciclos estiramiento – acortamiento (CEA). Dentro de estas pruebas existen dos formas de manifestación de la fuerza:

- Activa: la cual corresponde a un ciclo simple de trabajo muscular (acortamiento o estiramiento). Esta activación debe producirse desde una posición de total inmovilidad, por ejemplo. Una extensión de las piernas realizada por la musculatura extensora partiendo desde la posición inmóvil de semiflexión de rodillas. En las manifestaciones activas de la fuerza se agrupan en manifestaciones dinámicas máximas de la fuerza que aparece al desplazar la mayor carga posible en un solo movimiento y sin limitación de tiempo o manifestación explosiva de la fuerza que aparece en una activación muscular de los segmentos propulsivos lo más rápida y potente posible, partiendo desde una posición de total inmovilidad.
- Reactiva: correspondiente a un ciclo doble de trabajo muscular (estiramiento seguido de acortamiento). Por ejemplo, en la realización de un salto vertical a dos piernas, desde parado en posición erguida, que exige una rápida semiflexión de las piernas, seguida por una igualmente rápida inversión del movimiento producida por la extensión de las piernas. En la fase de semiflexión, la musculatura genera las fuerzas de resistencia que se oponen a la flexión completa, provocada por la energía cinética desarrollada en el rápido descenso (primer ciclo de trabajo). La extensión provocada por el acortamiento muscular (segundo ciclo de trabajo) tiene lugar inmediatamente después de las tensiones internas creadas en la fase de estiramiento.

Dentro de las pruebas pliométricas más utilizadas en deporte, se encuentra el Test de Bosco, el cual fue inventado por el italiano Carmelo Bosco, este test es una herramienta más para valorar las características individuales y la selección de la cualidad específica de cada atleta o persona. El test de Bosco consiste en una serie de saltos diseñados para poder estimar el comportamiento de la fuerza y potencia durante los CEA, los saltos corresponden a:

1. Salto en Squat.
2. Salto en Contramovimiento.
3. Salto con carga en Squat.
4. Abalakov.
5. Salto desde Altura.
6. Saltos durante 15 segundos.

Las condiciones de fuerza y potencia requeridas para cada deporte demandan que las necesidades a nivel técnico y de ejecución del salto al igual que los requerimientos de condición física, posean las siguientes características comunes:

1. Las piernas son el principal sistema propulsivo
2. La velocidad de despegue debe ser máxima, de esta manera se garantiza de acuerdo con las ecuaciones de movimiento de caída libre, se logre desarrollar una mayor altura de salto.
3. La distancia y el tiempo de impulso están limitados, esta característica busca evaluar el comportamiento real a nivel competitivo en donde la presencia de adversarios obliga al deportista a generar movimientos explosivos.

Estas tres características implican una máxima transferencia del trabajo mecánico de impulso y debido al tiempo de ejecución limitado es necesaria la máxima eficacia muscular. Por tanto, aparecen aquí dos componentes:

1. La fuerza generada como producto de la contracción muscular
2. La técnica de ejecución

Estos tipos de salto permiten evaluar las diferentes manifestaciones de fuerza, de modo que la manifestación de la fuerza explosiva puede ser evaluada a través del Salto en Squat, el comportamiento a nivel de fuerza elástico-explosiva puede ser evaluada a través del salto en contramovimiento y el Abalakov y la manifestación reflejo elástico explosiva se puede evaluar a través del salto desde altura.

A partir de estas pruebas y de acuerdo con las siguientes ecuaciones se pueden determinar:

- Altura de salto: depende de la velocidad vertical de despegue y se puede determinar a partir de la ecuación 4. De caída libre. Donde h corresponde a la altura de salto, v es la velocidad vertical del centro de gravedad en el momento del impulso y g corresponde a la gravedad.

$$\text{Ecuación 4. } h = \frac{v^2}{2g}$$

- Velocidad de Despegue: la velocidad de despegue del deportista se puede determinar por medio de la ecuación 5., a partir del tiempo de vuelo ( $t_v$ ) el cual corresponde al tiempo de elevación más el tiempo de caída.

$$\text{Ecuación 5. } v_d = g * \frac{t_v}{2}$$

- Altura de Salto en relación con el tiempo de vuelo: al combinar la ecuación 4 y la ecuación 5 se puede determinar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo, esta ecuación es muy utilizada debido a que la mayoría de los elementos de medición permiten registrar el tiempo de vuelo del deportista. En la ecuación 6. Se observa la expresión simplificada de la altura de salto estimada a partir del tiempo de vuelo, esta ecuación fue validado por Asmussen y Bonde-Petersen, 1974.

Ecuación 6.  $h = t_v^2 * 1.226$

- Fuerza de despegue: la fuerza que aplica el deportista durante la fase de aceleración depende de la variación de tiempo durante la ejecución del salto y de la velocidad vertical durante la fase de ascenso ( $v_d$ ), de acuerdo con esto la fuerza de despegue corresponderá a la estimada por la ecuación 7.

Ecuación 7.  $F = m * \frac{v_d}{\Delta t}$

Distintos autores como *López-Calbet y cols.*, 1995 o *Obbert y Cols.* 1996; *Ingen-Schenau y cols.*, 1997, ha expresado que es importante que los sistema de medición permitan administrar una base de datos, que tenga la posibilidad de imprimir los resultados y mostrar gráficamente los resultados de los saltos que se ejecutan, en los primeros dispositivos de medición solamente se registraba el tiempo de vuelo; sucesivamente, al irse desarrollando la electrónica, los microprocesadores se logró obtener cálculos automáticos de la altura del salto y en las pruebas de potencia, el tiempo de trabajo, tiempo de contacto y la potencia mecánica desarrollada, que se expresa en Watt/Kg, con el fin de normalizarla y posibilitar la comparación Inter sujeto [32].

### 6.3 TIPOS DE SALTO TEST DE BOSCO

#### 6.3.1 SALTO EN SQUAT

Se trata de un salto en el cual el deportista parte de una flexión de rodillas a 90° y sin realizar movimiento hacia abajo debe de saltar lo más alto posible. El movimiento debe efectuarse con las manos sobre las caderas desde la posición inicial hasta la finalización de salto y el tronco recto. El sujeto en la fase de vuelo debe mantener el cuerpo erguido, las piernas extendidas y pies en flexión plantar. Este salto tiene como objetivo encontrar la fuerza explosiva.

La fuerza explosiva es la capacidad de un incremento de la fuerza en el menor tiempo posible, la fuerza explosiva depende de la velocidad, reclutamiento y fuerza desarrollada a partir de la contracción de las fibras rápidas. Teniendo en cuenta que por la dinámica del movimiento en el salto en Squat (posición de flexión de rodillas de 90°) la musculatura libera la tensión almacenada durante la fase de preparación se genera una aceleración positiva sobre la masa corporal que genera el componente de explosividad. [57]

#### 6.3.2 SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO

Para este salto el atleta empieza en posición de pie y ejecuta una flexión de rodilla tratando de que logre llegar lo más cercano posible a 90° e inmediatamente debe generar la extensión de la rodilla lo que genera un estiramiento muscular generando una fase excéntrica.

En el salto en contramovimiento (CMJ), las manos deben permanecer sujetas a las caderas desde el comienzo hasta el final de este. Al igual que en el SJ el CMJ tiene como objetivo encontrar la fuerza explosiva y adicionalmente evaluar la coordinación intra e intermuscular.

En este ejercicio, la altura de salto que se puede lograr es mayor que en SJ, debido a los factores del componente elástico. Durante el estiramiento la energía elástica potencial se almacena en los elementos elásticos en serie y puede ser reutilizada en forma de trabajo mecánico en el inmediatamente posterior trabajo concéntrico, si el período de tiempo entre las fases excéntrico y concéntrica es corto (tiempo de acoplamiento). Si el tiempo de acoplamiento es muy largo, la energía elástica se disipa en forma de calor. La diferencia porcentual en la altura lograda entre los ejercicios (SJ y CMJ) se defina como índice de elasticidad (I.E.) ya que los que principalmente la diferencia es este factor. El índice de elasticidad se relaciona en la ecuación 8. El cual se estima de acuerdo con la altura de salto desarrollada en el SJ y en el CMJ.

$$\text{Ecuación 8. } I.E. = \frac{CMJ-SJ}{SJ} * 100$$

### 6.3.3 ABALAKOV

Este salto permite al deportista el uso de los brazos de tal manera que toma impulso por medio de una flexión de rodillas lo más cercana a los 90°, inmediatamente se debe de realizar una extensión de rodilla y saltar ayudándose de los brazos durante la realización de este. Durante la acción de flexión el tronco debe permanecer lo más recto posible con el fin de evitar cualquier compensación de movimiento, dentro de este salto es fundamental lograr una sincronización entre el movimiento de los brazos y la fase de impulso y amortiguación con el fin de evitar pérdidas por absorción de energía.

Los objetivos de análisis de este tipo de salto radican en la evaluación del componente contráctil, las capacidades de reclutamiento y sincronización, el componente elástico y el reflejo, sin embargo por las características de este salto el CEA se va ver reflejado en la fase de amortiguación y no en la acelerante, ya que la oscilación de brazos genera en la fase de amortiguación un mayor momento de fuerza, especialmente en los cuádriceps que logran un reclutamiento de unidades motoras de mayor umbral de excitación. Mientras que, en la fase de impulso, al oscilar los brazos adelante-arriba, ocasiona la disminución del momento de fuerza y la velocidad vertical.

Debido a la diferencia entre las alturas de salto logradas entre el Abalakov y el CMJ se puede estimar el índice de utilización de brazos (IUB) que se cuantifica a partir de la ecuación 9.

$$\text{Ecuación 9. } IUB = \frac{ABK-CMJ}{CMJ} * 100$$

La capacidad contráctil y por tanto la manifestación máxima de la fuerza constituyen el denominador común de las demás manifestaciones de la fuerza. Presentando la capacidad contráctil una relación entre la máxima fuerza desarrollada y la disminución de esta, a medida que desciende su incidencia porcentual sobre el total manifestado. Es decir, la relación será alta entre la manifestación máxima dinámica y la manifestación explosiva debido a que grande es el aporte de la capacidad contráctil en toda manifestación explosiva de la fuerza y, al contrario, la relación será baja entre la manifestación máxima dinámica y el reflejo elástico-explosivo. Tihany en 1988 plantea que la unión entre los filamentos de actina y miosina tiene una duración limitada de aproximadamente 20ms a 60ms para las fibras rápidas y aproximadamente del doble para las fibras lentas y por tanto solo ayuda a frenar el movimiento descendente. Sin embargo, durante la dinámica de salto la oscilación de brazos extendidos produce en la fase excentrica un mayor momento de fuerza principalmente en los cuádriceps que logran un reclutamiento de unidades motoras de mayor umbral de excitación mientras que en la fase acelerante (fase concéntrica), al oscilar los brazos adelante-arriba, disminuirá dicho momento de fuerza y la velocidad vertical que llevan será transmitida al sistema cuando los brazos paren su movimiento, permitiendo evidenciar el componente elástico explosivo [58].

#### 6.3.4 SALTO DESDE ALTURA (DROP JUMP)

Esta prueba es también conocida como test pliométrico, esta prueba consiste en un salto vertical consecuente con una rápida flexo-extensión de corta, después de una caída desde una altura predeterminada buscando la máxima altura a través de un contacto con el suelo mínimo. Para esta prueba, se busca que el contacto con el piso sea lo más cercano a los 200 milisegundos. El objetivo de este salto es evaluar el comportamiento muscular a través del suministro de la energía cinética desarrollada en la caída y su posterior transferencia a la musculatura de la cadena cinética de salto, estimulándola en un repentino estiramiento necesario para producir fuerza por vía elástico-reflejo.

A partir de la altura de salto después del impacto ( $h_1$ ) y el tiempo de contacto ( $t_c$ ), se puede estimar el rendimiento en fuerza reactiva (RFC), la capacidad reactiva (R) la cual viene dada por la relación entre la altura de salto inicial ( $h_0$ ) y la altura de salto después del impacto y el denominado coeficiente de calidad (Q) que se determina a partir de la relación del tiempo de vuelo ( $t_v$ ) respecto al tiempo de contacto ( $t_c$ ) mediante las ecuaciones 10, 11 y 12.

$$\text{Ecuación 10. } RFC = \frac{h_1}{t_c}$$

$$\text{Ecuación 11. } Q = \frac{t_v}{t_c}$$

$$\text{Ecuación 12. } R = \frac{h_1}{h_0}$$

Por otro lado, Carlo Vittori en su artículo “El entrenamiento de la fuerza para el sprint” plantea, que debido a la especificidad de este tipo de prueba y con el fin de poder estimar la potencia mecánica a partir teniendo en cuenta el tiempo de  $t_c$  se debería de usar la ecuación 12, en la cual la potencia va a estar dada por el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto [33].

$$\text{Ecuación 13. } P = \frac{t_f^2 * g^2}{4 * t_c}$$

De acuerdo con la ecuación 13 un mayor rendimiento se tendrá, a partir de una disminución del tiempo de contacto y/o un aumento en la altura de salto.

También y según autores como C. Bosco, P. V. Komi et al., en el artículo “Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles” respecto al salto desde altura presentan las siguientes observaciones:

- a. El porcentaje de fibras rápidas y lentas involucradas durante la fase de impulso corresponden al 50% aproximadamente.
- b. Si aumenta el tiempo de contacto, la altura de vuelo disminuye y esto se va a ver representado en un incremento por encima del 50% del aporte de las fibras rápidas [34].

### **6.3.5 PRUEBA DE RIGIDEZ DE PIERNAS O SALTOS REPETITIVOS**

En esta prueba el evaluado debe de realizar saltos consecutivos durante 5 a 60 segundos tratando de generar la más mínima amortiguación entre cada salto, durante esta prueba se pretende evaluar el comportamiento de la potencia mecánica, del metabolismo anaeróbico aláctico y láctico.

De 5 a 15 segundos el test permite conocer la capacidad de producir potencia utilizando el sistema ATP-CP. Desde los 30 a los 60 segundos adicional al análisis de la capacidad de producción de potencia, la prueba permite evaluar la fatiga anaeróbica aláctica y la pérdida de capacidad de producción de energía elástica [35].

### **6.3.6 PARÁMETROS DE NORMALIDAD**

La validación de los resultados para las pruebas del test de Bosco ha tenido diferentes estudios, como el desarrollado por Bencke J et al, en 2002 en el cual evaluaron una muestra de 185 deportistas juveniles de balonmano, gimnasia, natación, y tenis con el fin de caracterizar las variables espaciales y cinéticas de las pruebas de Bosco [36].

En Colombia, López, Francisco et al, en 2015 desarrollaron un estudio con estudiantes de 12 años de Cartagena, evaluando a 100 niños con el fin de caracterizar las variables de altura de salto y los índices obtenidos a partir de estas variables [37].

Gonzales, J.L et al, en 2007 realizaron un estudio con una muestra de 234 estudiantes con el fin de evaluar las características a nivel de estabilidad a partir de las pruebas de salto pertenecientes al Test de Bosco.

Sin embargo, el estudio desarrollado por Garrido Raúl et al en 2004 en España, presenta una muestra de 765 deportistas de 16 disciplinas, los cuales desarrollaron los saltos propuestos por Bosco y se estableció la tabla 1, correspondiente a los resultados de media y desviación estándar en relación a la altura de salto [32].

*Tabla 1*

*Valores de Normalidad Saltos de la Prueba de Bosco*

<b>SALTO</b>	<b>GLOBAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
Salto en Squat	33 ± 6.41	34.49 ± 5.13	26.31 ± 4.47
Salto en Contramovimiento	36.58 ± 8.55	39.23 ± 5.58	29.47 ± 10.86
Salto Abalakov	43.48 ± 10.98	47.20 ± 10.23	33.49 ± 5.30
Salto desde altura (30 cm)	27.46 ± 13.52	29.54 ± 14.53	22.00 ± 7.99
Salto Repetitivos	20.13 ± 7.28	19.21 ± 7.09	22.70 ± 7.08

## **6.4 ESTABILIDAD**

La estabilidad se define como la capacidad de un cuerpo de mantener el equilibrio. Se trata de un concepto relativo; no es una característica invariable para un mismo objeto, sino que se puede modificar en un rango desde muy inestable hasta muy estable. Por ejemplo, una gimnasta mantiene una posición de mucha inestabilidad cuando se apoya sobre la punta de un solo pie, pero esa misma gimnasta es muy estable si se acuesta en el suelo.

La estabilidad depende de una combinación de factores a nivel psicológicos, ambientales, de condición física, fisiológicos y mecánicos. En la figura 6., se puede observar la clasificación de estos factores y las variables que dependen de cada uno de estos.



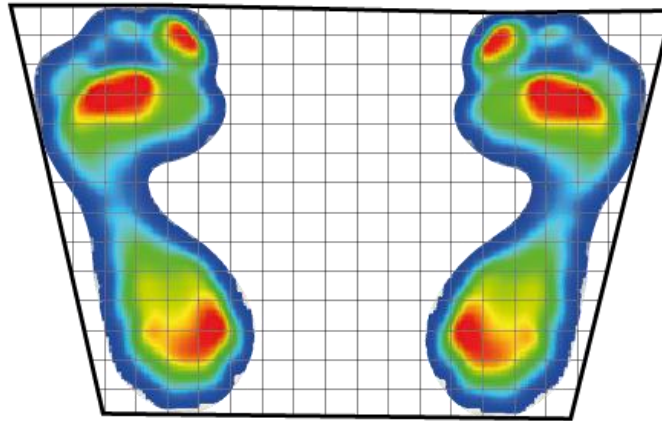
*Figura 6 Factores que influyen en la estabilidad. Fuente Propia*

## 6.4.1 FACTORES MECÁNICOS DE LA ESTABILIDAD

Para analizar el estado de equilibrio de un cuerpo, es necesario conocer la relación que se produce entre dos variables: la base de sustentación y el centro de gravedad. El comportamiento de estas variables determinase el comportamiento mecánico de la estabilidad.

### 6.4.1.1 BASE DE SUSTENTACIÓN

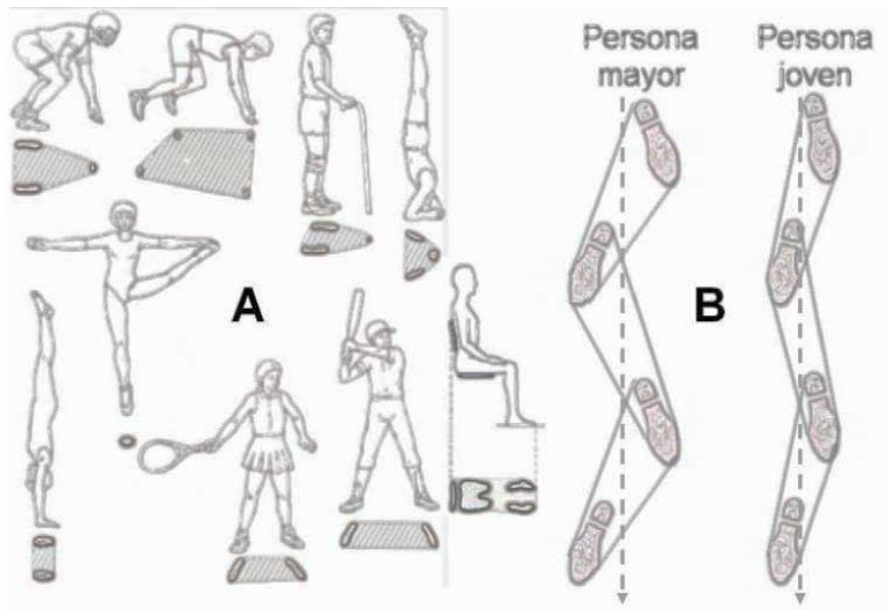
Corresponde al área delimitada por el polígono que resulta de al unir los puntos de apoyo más externos de los pies (figura 6), la base de sustentación no requiere que toda la superficie interior de los pies esté en contacto con el suelo.



*Figura 7 Distribución de la base de sustentación. Fuente Propia*

En el cuerpo humano la base de sustentación queda delimitada por los márgenes externos del apoyo de los dos pies, esta puede presentar modificaciones de acuerdo con la forma y el tamaño dependiendo de la posición de los pies o al uso de elementos como muletas o aditamentos deportivos lo cual aumentara el área de la base. Cada una de las aristas del polígono que forma la BS se llama "arista de caída", ya que en caso de desequilibrio es el lugar por donde es más probable que bascule y caiga el cuerpo [38].

Dependiendo de la actividad y el ejercicio, la base de sustentación queda determinada por los apoyos y la proyección de estos. En la figura 8. Se observa el comportamiento de la base de sustentación en diferentes situaciones.



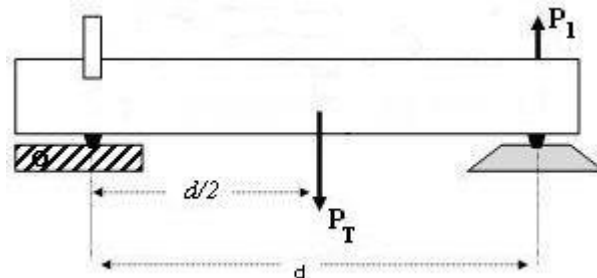
*Figura 8 Bases de sustentación presentadas por García-López, et al, (2013). Las imágenes de la zona A, representan las diferentes bases de sustentación en posiciones deportivas y las imágenes de la zona B, representan las imágenes de la base de sustentación durante la marcha en personas adultas y jóvenes.*

### 6.4.1.2 CENTRO DE GRAVEDAD

Puede definirse como un punto donde se resume todo el peso de un cuerpo (cualquier objeto). Ese punto que representa el eje del peso del cuerpo u objeto, a su vez es el punto donde todas las partes se equilibran. Además, en el cual todo el peso corporal se concentra y donde todos los planos del cuerpo se interceptan unos a otros.

En la posición anatómica, el centro de gravedad se encuentra en la pelvis sobre la zona anterior al sacro en mediaciones de la segunda vertebra sacra (S2), debido a las características anatómicas de las mujeres, pelvis y muslos más pesados y piernas más cortas, el centro de gravedad se encuentra más bajo que en los hombres.

Para estimar el centro de gravedad el estudio más relevante es el desarrollado por Reynolds y Lovett (1909), a través de una plataforma de fuerza rectangular homogénea para medición de momentos. El peso de esta plataforma viene determinado por  $P_T$ , la cual se soporta por uno de sus extremos sobre un pivote de rozamiento nulo y por el otro sobre un segundo pivote que está situado sobre una balanza, la distancia entre estos pivotes está dada por  $d$  y al poseer propiedades de rigidez y homogeneidad, el centro de gravedad de esta estará localizado en su centro de simetría (lugar en donde se cruzan las aristas del polígono), es decir equidistante de los pivotes. La representación de este método se puede observar en la figura 7.

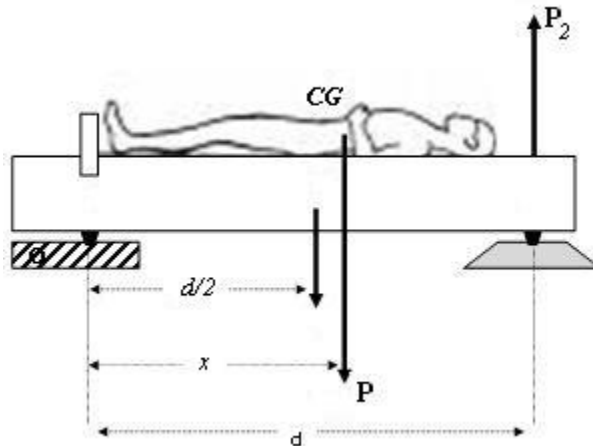


*Figura 9. Representación de la plataforma de medición del centro de gravedad desarrollado por Reynolds y Lovett (1990), donde  $P_T$  corresponde al peso de la plataforma,  $d$  es la distancia entre los pivotes y  $P_1$ , el fuerza de reacción normal.*

Sobre dicha tabla se coloca el sujeto al cual se pretende determinar el centro de gravedad, y a partir del peso de este utilizando las ecuaciones de equilibrio, es posible determinar la línea de proyección donde se sitúa el centro de gravedad del sujeto en la posición que se adopta sobre la plataforma.

Si se supone un estado de equilibrio y se considera  $O$  como el centro de giro, la suma de los momentos ejercidos por la plataforma y el peso del sujeto para garantizar la situación de equilibrio debe de ser cero de modo que el momento de fuerza ejercido por la plataforma ( $T_1$ ) sería positivo, y estará dado por la ecuación 14.

$$\text{Ecuación 14. } T_1 = P_T * \frac{d}{2}$$



*Figura 10. Relación de Momentos de fuerza entre el sujeto y la mesa, donde CG corresponde al centro de gravedad, P al peso de la persona, x la ubicación del centro de gravedad respecto al punto O y P2 la fuerza de reacción correspondiente al peso de la persona.*

A partir de la figura 10. Se puede observar que el momento de fuerza ejercido por el sujeto ( $T_2$ ) también sería positivo por las mismas razones expuestas anteriormente de modo que la fuerza será dada por la ecuación 15.

$$\text{Ecuación 15. } T_2 = P \cdot x$$

Por último, el momento de fuerza ejercido por  $P_2$  como respuesta al momento generado por el centro de gravedad en su contacto con la báscula ( $T_3$ ), tendrá un comportamiento negativo de acuerdo con el sentido del vector, esto ocasiona que el cálculo de este será dado por la ecuación 16.

$$\text{Ecuación 16. } -T_3 = P_2 \cdot d$$

De acuerdo a las condiciones de equilibrio, la suma de momentos corresponderá a la ecuación 17.

$$\text{Ecuación 17. } -T_3 + T_2 + T_1 = 0$$

$$(-P_2 \cdot d) + (P \cdot x) + (P_T \cdot \frac{d}{2}) = 0$$

Al sustituir  $P_T \cdot d/2$  por el peso que ejerce la persona sobre la báscula ( $P_1$ ) y al despejar las variables se tiene que el centro de gravedad estaría situado sobre una línea en dirección al punto O a una distancia x, donde x se puede encontrar a partir de la ecuación 18., y como se observa en la figura 8 [39].

$$\text{Ecuación 18. } x = \frac{(P_2 - P_1) \cdot d}{P}$$

### **6.4.1.3 ÁNGULO DE CAÍDA**

El ángulo de caída está determinado por el ángulo que resulta entre un plano vertical que pasa por la arista de caída y otro plano que pasa por la misma arista y el centro de gravedad. Existe un ángulo de caída por cada arista de caída. Cuando un ángulo de caída es negativo, significa que la proyección del centro de gravedad presenta una salida sobre la base de sustentación, lo cual ocasiona que el cuerpo pierda la condición de equilibrio.

Para evitar desequilibrarse, un cuerpo debe mantener la proyección vertical del centro de gravedad dentro de la base de sustentación. Por otra parte, cuanto más centrado se encuentre el centro de gravedad dentro de la base de sustentación, más estable permanece el cuerpo, ya que la distancia que debe recorrer hasta cualquiera de los límites de desequilibrio es mayor que son las aristas de caída.

En algunos deportes, como los de lucha, continuamente están apareciendo fuerzas que intentan derribar al luchador. La estrategia para evitar perder el equilibrio en estos casos consiste en alejar al máximo el centro de gravedad de la arista de caída opuesta al sentido de la fuerza aplicada por el contrincante, adicionalmente una correcta orientación de la base de sustentación, así como un incremento en su tamaño, y el acercamiento del centro de gravedad al piso permite mejorar la estabilidad en estos casos [40].

La estabilidad del equilibrio depende de una combinación de factores psicológicos y ambientales, de condición física, fisiológicos y mecánicos. Las dimensiones de la base de sustentación y la altura y proyección del centro de gravedad respecto a la misma, entre otros, constituyen los factores mecánicos que afectan a la estabilidad del equilibrio.

### **6.4.1.4 EVALUACIÓN DEL EQUILIBRIO**

La valoración del equilibrio y de la estabilidad se han estandarizado con el paso de los años ejemplo de estas valoraciones son los test de equilibrio estático como el “Equilibrio Flamingo” (Figura 11) perteneciente a la Batería Eurofit, o el “Test de Oseretsky” (Bruininks-Oseretsky perteneciente a la batería de Test of Motor Proficiency Figura 11), donde se contabiliza el número de veces que se pierde el equilibrio respecto a la posición estática de bipedestación, o a nivel dinámico en donde deben recorrerse 2 m en línea recta apoyando alternativamente el talón de un pie contra la punta del otro sin salirse de la línea.

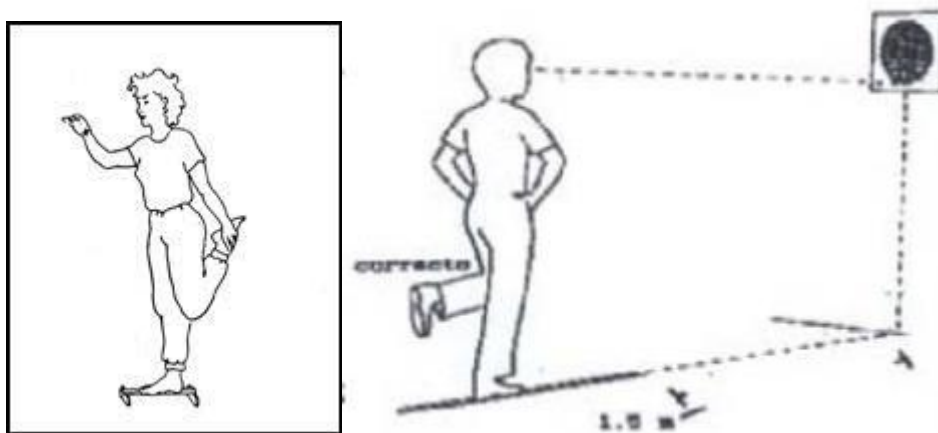


Figura 11. A la izquierda se presenta el Test de Flamingo y a la derecha test de equilibrio Oseretsky, García-López, et al, (2012).

Sin embargo, estos tests hacen referencia a la evaluación del “concepto absoluto de equilibrio”, valorando si el evaluado se cae o no al realizar la prueba, pero no son capaces de diferenciar entre sujetos que no se caen, o que poseen variabilidad entre diferentes grados de estabilidad.

Winter en 1995, representa gráficamente cómo el punto de aplicación de la fuerza de reacción vertical cambia continuamente su posición para contrarrestar los momentos generados por el peso del cuerpo a través del centro de gravedad, y plantea la posibilidad de evaluar estos cambios por medio de una plataforma de fuerza triaxial. En la figura 12

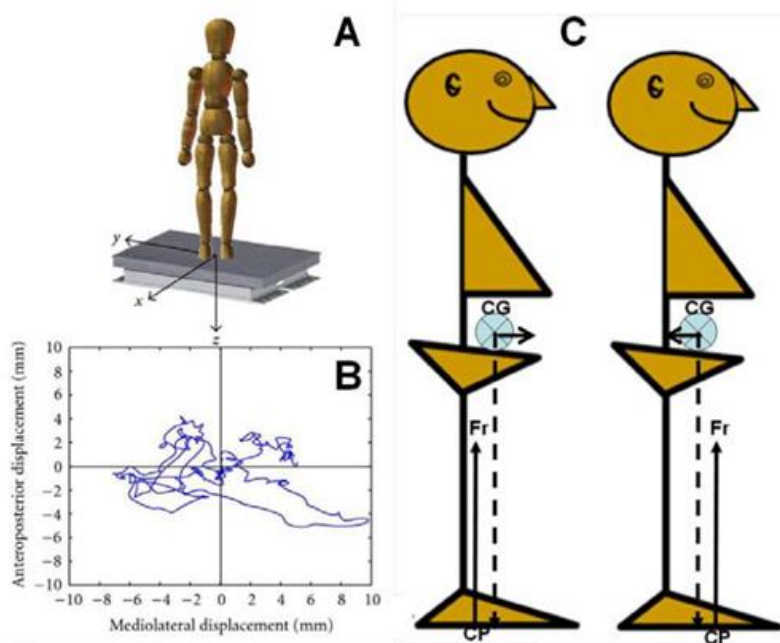


Figura 12 Modelo planteado por Winter para la evaluación de estabilometría. García-López, et al, (2012).

Es importante conocer que el cuerpo humano en posición bípeda o en apoyo monopodal regula fundamentalmente la estabilidad de su equilibrio mediante la

intervención de los músculos de la cadera y el tobillo, en tanto que la rodilla suele permanecer en posición de bloqueo para garantizar una transferencia de movimiento sin pivote. El cuerpo humano en ambas posiciones, los movimientos anteroposteriores del centro de presión son mayores que los movimientos medio-laterales, y se controlan fundamentalmente por la acción del tobillo (flexores plantares y dorsales) y la cadera (flexores y extensores). Sin embargo, el control del movimiento medio-lateral del centro de presión es distinto entre ambas posiciones, y mientras en posición bípeda está controlado fundamentalmente por los músculos abductores-aductores de la cadera, durante el apoyo monopodal son los músculos inversores y eversores del tobillo los encargados de la estabilidad [41].

Entre los años de 1840 y 1846, Romberg publicó el libro “Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen”, en este libro se plantea las primeras bases de análisis de estabilidad en donde el autor plantea que si se le dice al paciente que cierre sus ojos mientras permanece erguido, este comienza inmediatamente a moverse de lado a lado, y las oscilaciones generan que se pierda el equilibrio ocasionando que pierda la estabilidad y caiga al suelo. Los ojos de la persona actúan en su control de equilibrio; por lo tanto, en la ausencia de este sentido la falta de control aumenta.

El control postural central depende de los impulsos provenientes de tres modalidades periféricas de sensibilidad: la visual, el sistema vestibular y la propiocepción, esta última se refiere a la posición exacta de las partes del cuerpo; la forma, tamaño y peso de los objetos, así como el alcance y dirección del movimiento de las articulaciones.

El sistema propioceptivo está conformado por una gran variedad de receptores que se encuentran distribuidos por las distintas partes de nuestro organismo; más específicamente en músculos, tendones, articulaciones y ligamentos. Los Propioceptores reciben diferentes estímulos asociados con la posición de la articulación, el nivel de tensión, el equilibrio, el movimiento, cambios de direcciones bruscas, la presión interna y externa, la coordinación de ambos hemisferios corporales, el esquema corporal, entre otros. Las estimulaciones de los propioceptores excitan las fibras nerviosas provocando señales que después son enviadas a través de la comunicación entre las neuronas al Sistema Nervioso Central (SNC), modulando constantemente el sistema neuromuscular. [61]

Dentro de los principales propioceptores musculares se encuentran los Husos Neuromusculares y están ubicados en el vientre muscular estimulados cuando el músculo se estira, responsable por tanto del reflejo miotático, importante para la protección ante un estiramiento brusco. El huso neuromuscular, está compuesto de fibras dinámicas del saco nuclear, fibras estáticas del saco nuclear y fibras en cadena nuclear y los axones de las neuronas sensoriales. Además de eso, se presentan características como los componentes sensoriales y motores. Las fibras nerviosas sensoriales primarias y secundarias proporcionan componentes sensitivos, a través de canales iónicos. Para los componentes motores, el cuerpo presenta motoneuronas Gamma y en menor medida

Beta, estas se llaman fusimotoras, debido a que activan las fibras musculares infraesqueléticas. La función principal de los husos neuromusculares recae en generar inervación sensorial y motora. [62]

Los impulsos sensoriales somáticos que llegan a la médula espinal ascienden a la corteza cerebral por dos vías generales, la del cordón posterior-lemnisco medial y la espinotalámica. Especialmente, la vía del cordón posterior-lemnisco medial permite llevar la información para la propiocepción consciente, es decir, la condición de la posición precisa de las partes corporales, y la cinestesia, que es la conciencia de la dirección de los movimientos y gran parte de las sensaciones táctiles, como el tacto discriminativo, es decir, la capacidad de reconocer información específica acerca de una sensación táctil, así como la estereognosis, que es la capacidad para reconocer el tamaño, forma y textura de un objeto al tocarlo.[61]

Las astas posteriores de la médula espinal son los encargados de conducir los impulsos de propiocepción, tacto discriminativo, presión y vibración de las extremidades a los centros nerviosos encefálicos (tallo cerebral, tálamo, y corteza) para el mantenimiento de la coordinación a través de las vías somatosensoriales. [61]

Al pedirle al paciente que cierre los ojos, se desenmascara cualquier alteración propioceptiva que hubiera podido ser compensada por la visión. Hay varias explicaciones propuestas para explicar porque la ausencia de impulso visual agrava el desbalance:

- Cambio en el tono postural de los músculos de las extremidades con los movimientos activos de los globos oculares.
- Distracción de la atención del paciente.
- Supresión del control espacial visual cuando la mirada es enfocada en un punto negro (spot) definido.

La prueba de Romberg valora la integridad funcional de toda la vía propioceptiva, es la prueba para la ataxia sensitiva. La ataxia sensorial se caracteriza por presentar signo de Romberg positivo y disminución de los reflejos tendinosos profundos. Se produce por afectación de las vías sensoriales aferentes (cordones posteriores medulares, raíces espinales o nervios periféricos) Existe ataxia en torno al 15% de los casos de síndrome de Guillain Barré, acompañada de debilidad muscular ascendente y arreflexia. Una variante, denominada síndrome de Miller Fisher viene definida por la triada de ataxia, arreflexia y oftalmoplejía [41].

Sin embargo, en los últimos años la prueba de Romberg ha migrado su uso desde el aspecto de evaluación neurológica para tener un papel importante en el deporte.

Los tests con apoyo bipodal y monopodal deben realizarse con el sujeto descalzo, a fin de evitar la posible influencia del calzado en la estabilidad del equilibrio. La posición del sujeto debe ser estrictamente estandarizada, especialmente en lo referente a la

separación de los dos pies (apoyo bipodal) y la colocación de la pierna libre (apoyo monopodal).

En apoyo bipodal, lo más normal es estandarizar la separación de ambos pies, utilizando la misma para todo el grupo de estudio por lo general los valores de referencia para esta separación radican entre 10 cm a 15 cm de separación entre los bordes internos de los pies, para lo que es necesario un dibujo de los pies encima de la plataforma o colocar marcas de limite y ubicación. En apoyo monopodal, la rodilla que no se encuentre en apoyo debe de flexionarse a 90° (figura 13), con el muslo en el eje longitudinal del cuerpo y la pierna colocada horizontal al suelo, o también puede flexionarse 90° mientras la cadera también se flexiona 90° y el muslo queda horizontal respecto al suelo (Figura 13).



*Figura 13* A la izquierda posición de apoyo monopodal con flexión de rodilla a 90°, a la derecha posición de apoyo monopodal con flexión de rodilla y cadera a 90°. García-López, et al, (2012).

Otra prueba diseñada para la evaluación del equilibrio es el Balance Error Scoring System (BESS), la cual permite evaluar la estabilidad postural estática sin herramientas costosas y sofisticadas de evaluación de la estabilidad postural, el BESS se puede utilizar para evaluar los efectos de un traumatismo craneoencefálico leve sobre la estabilidad postural estática. La prueba consta de 3 posiciones: postura de doble pierna con las manos en las caderas y los pies juntos, postura de una sola pierna de pie sobre la pierna no dominante con las manos en las caderas, y postura tándem con el pie no dominante detrás del pie dominante en la línea del talón de los pies. Cada postura se realiza durante un tiempo de hasta 20 segundos en una superficie firme y en una superficie de espuma con los ojos cerrados, para un total de 6 posturas de prueba. El evaluador realiza la prueba contando el número de errores observados mediante una lista objetiva de errores. Cada error confirmado representa 1 punto y se tienen con número máximo de puntos por

cada posición de 10. Las puntuaciones más bajas indican menos errores y mejor equilibrio. Los errores se definen como: abrir los ojos, levantar las manos de la cresta ilíaca, pisar para recuperar el equilibrio, tropezar o caerse de posición, levantar el antepié o el talón, secuestrar o flexionar la cadera por más de 30 grados, o no volver a la posición de prueba en más de 5 segundos. [59]

El Y balance test (LQYBT) es una prueba que evalúa el equilibrio dinámico y es utilizada para predecir el riesgo de lesión en las extremidades inferiores. En esta prueba el evaluado se debe de retirar el calzado, ubicar las manos en la cintura y realizar desplazamientos máximos en dirección medio lateral, anteroposterior y diagonales llevando uno de los pies a la mayor distancia posible sin perder el equilibrio, teniendo en cuenta la ubicación del pie representado en el tapete diseñado para tal fin las distancias máximas son los puntajes para establecer la estabilidad. [60]

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo basado en un paradigma post-positivista con un diseño observacional descriptivos de tipo corte transversal, basado en 3 fases. La primera etapa se basa en la revisión documental, en la segunda se realizarán las mediciones y en la tercera etapa se realizará el análisis de los resultados, los componentes de cada una de las fases se observan en la siguiente Figura.

### **7.2 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La figura 14, representa el diagrama de flujo que se utilizará para el desarrollo del proyecto, el diagrama de flujo se encuentra anexo para una mejor visualización.

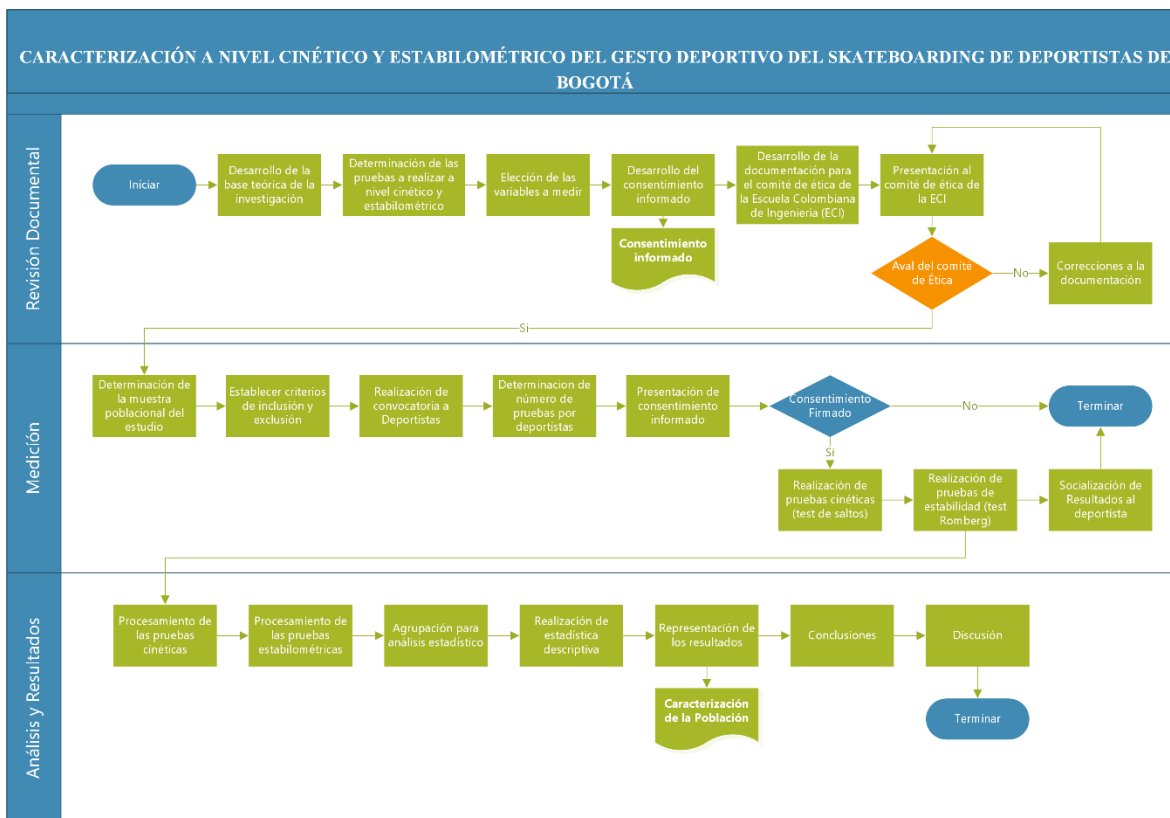


Figura 14 Diagrama de flujo para el desarrollo del proyecto. Fuente Propia

El procedimiento por desarrollar para el desarrollo de los objetivos es el siguiente:

- Realizar la invitación a participar en el estudio a deportistas que llevan practicando más de 1 año skateboarding de manera periódica, así como a la liga de patinaje de Bogotá quien es la representación municipal de FEDEPATIN.
- Socializar el consentimiento informado a los participantes, explicación de los riesgos y como mitigarlos y de los beneficios que se obtendrá con la participación en el presente estudio, si el deportista aprueba el consentimiento y el procedimiento del que será objeto de estudio se le solicitara la firma de este siempre y cuando sea mayor de edad en caso de que sea menor de edad se solicitara a los padres la firma para la aprobación del consentimiento informado este firma en cualquiera de los dos casos se realizara frente a 2 testigos. En caso de que no sea aprobado por el participante o los padres cuando aplique se agradecerá la participación en la convocatoria, pero no se realizara ninguna prueba.
- Antes de realizar las mediciones se explicó a los participantes el tipo de pruebas que tendrá que desarrollar, haciendo énfasis en las posiciones que tendrá que adoptar en cada una de ellas y que aparecen relacionadas en la tabla 2.

Tabla 2

*Tipo de pruebas y características de movimiento*

PRUEBA	CARACTERÍSTICA DE MOVIMIENTO
Salto desde Squat	El deportista se ubica con flexión de las rodillas a 90° y desde esta posición realizar un salto con rodilla en extensión siempre con las manos en la cintura.
Salto en Contramovimiento	El deportista se ubica en posición bípeda con las rodillas completamente en extensión y desde esta posición realizar un salto realizando un descenso a 90 ° de flexión de rodilla y luego un ascenso con rodillas en extensión, durante el desarrollo de la prueba las manos siempre deben de estar en la cintura.
Salto Abalakov	El deportista se ubica en posición bípeda con las rodillas completamente en extensión y desde esta posición realizar un salto realizando un descenso a 90 ° de flexión de rodilla y luego un ascenso con rodillas en extensión, durante el desarrollo de la prueba las manos deben de ayudar al desarrollo del movimiento.
Salto desde Altura	El deportista se debe de ubicar sobre un banco pliométrico de 30 cm luego debe de ubicarse sobre el pie no dominante en apoyo unipodal y con el pie dominante afuera del banco y orientado a la plataforma de fuerza, luego debe de dejarse caer sobre el pie dominante e inmediatamente caiga saltar con ambos pies lo más rápido posible. Durante el desarrollo de la prueba las manos siempre deben de estar en la cintura,
Prueba de Rigidez de Piernas	El deportista parte desde una posición bípeda con las manos en la cintura y sin separar estas del cuerpo debe de realizar 15 saltos consecutivos lo más rápido que pueda al finalizar se detiene y permanece de manera bípeda nuevamente
Prueba de Estabilidad con Ojos Abiertos	El deportista se ubica descalzo sobre la plataforma de presión plantar y se ajusta la posición del pie para que este quede alineado, la separación entre los bordes internos de las plantas de los pies se mide para que sea de 5cm, luego manteniendo la posición bípeda se ajusta un blanco a la altura de los ojos del participante y se solicita que lo observe fijamente durante 30 segundos que es el tiempo que dura la prueba. La posición de los brazos siempre debe de estar descansada hacia abajo, si el participante llega a realizar algún tipo de movimiento voluntario se debe de reiniciar la prueba
Prueba de Estabilidad con Ojos Cerrados	El deportista se ubica descalzo sobre la plataforma de presión plantar y se ajusta la posición del pie para que este quede alineado, la separación entre los bordes internos de las plantas de los pies se mide para que sea de 5cm, luego manteniendo la posición bípeda se solicita al participante que cierre los ojos y nos los abra hasta nueva indicación la cual es de 30 segundos que es

	el tiempo que dura la prueba. La posición de los brazos siempre debe de estar descansada hacia abajo, si el participante llega a realizar algún tipo de movimiento voluntario se debe de reiniciar la prueba
Salto Ollie	El deportista deberá ubicar su patineta sobre las plataformas de fuerza y una vez se encuentre estable realizar un salto tipo Ollie. La caída debe de ser sobre las plataformas de fuerza dispuestas si no se realiza sobre estas se debe de repetir el proceso nuevamente

- El participante desarrollo los gestos a evaluar y se les indico las correcciones que debían de desarrollar para una adecuada ejecución de la técnica.
- Se realizo un proceso de calentamiento durante 3 minutos que consistió en movilidad articular, activación muscular y ejercicios de activación.
- Registrar los datos rqueridos por los software (nombre y apellidos, fecha de nacimiento, peso, estatura)
- Desarrollo de las mediciones: una vez instruido el deportista se realizará cada prueba tres veces con un intervalo de descanso entre prueba y prueba de 2 minutos, tiempo en cual se considera la recuperación muscular.
- Al finalizar las pruebas se desarrollaron actividades de vuelta a la calma como estiramientos y movilidad articular.
- Después de realizar las pruebas se procesará los datos de cada evaluación y se socializará los resultados con cada deportista de manera individual.
- Los resultados serán tabulados y organizados y el procesamiento y análisis de estos se realizaría de acuerdo con lo reportado en Análisis de Datos que se encuentra más adelante.

Las mediciones fueron desarrolladas en las horas de la mañana en el horario de 8 am a 10 am, se solicito a los participantes que vinieran desayunados como normalmente lo desarrollan y que llevaran agua para la hidratación corporal.

En la Figura 15, se representa la estructura de trabajo de acuerdo con la metodología de trabajo por medio de una Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), de acuerdo con la guía de desarrollo de PMBOK®, “la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) es una descomposición jerárquica, orientada al producto entregable del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos entregables requeridos”. La EDT organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en la declaración del alcance del proyecto aprobada y vigente. El trabajo planificado está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT, denominados paquetes de trabajo.

Para el presente proyecto de estableció como el paquete de trabajo (PT / EDT Nivel1) principal el desarrollo del objetivo general y como sub-paquetes de trabajo (EDT Nivel2) los objetivos específicos, los entregables del PT radican en la finalización del documento de proyecto de grado y la sustentación de este, adicionalmente con los

resultados obtenidos a partir de los EDT Nivel 2 se presentara mínimo 1 artículo publicado en alguna revista con indexación a nivel COLCIENCIAS, mientras que los entregables para los paquetes de trabajo de nivel 2 radican en los tablas, gráficas y análisis de resultados correspondientes al cada variables relacionadas al objetivo específico planteado, ver anexos: protocolo de evaluación deportiva y resolución de aval ético.

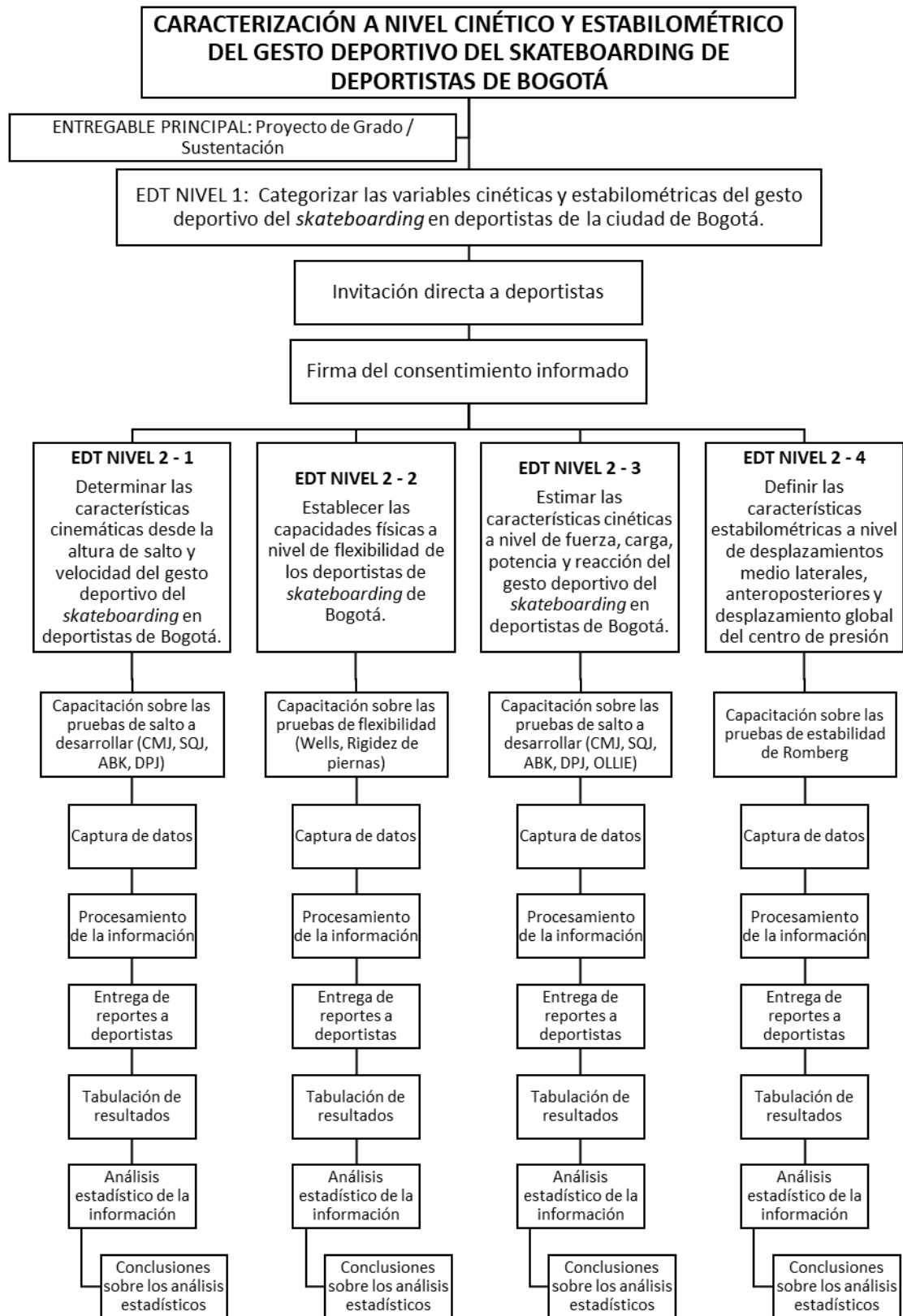


Figura 15 EDT para el desarrollo del proyecto. Fuente Propia

### 7.3 VARIABLES

Las variables que se trabajara en el desarrollo del proyecto se observan en la tabla 3.

Tabla 3.

*Relación de variables, definición, escala y unidades de medición, definición operacional e instrumento de recolección*

VARIABLE	DEFINICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	FORMA DE OBTENCIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>CINEMÁTICAS</b>						
Altura de salto	Es el desplazamiento vertical máximo después del despegue de dedos durante un salto.[42]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	cm	0 a 100 cm	Test de saltos	Plataforma de fuerza
Velocidad de salto	Es la relación entre el cambio de posición en un lapso.	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	m/s	0 a 100 m/s	Test de saltos	Plataforma de fuerza
<b>CINÉTICAS</b>						
Fuerza concéntrica con respecto al peso	Es la fuerza que se origina cuando los extremos del músculo se contraen y se aproximan a la vez que realizan su acción, venciendo así la	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	N/Kg	0 a 200 N/Kg	Test de saltos	Plataforma de fuerza

	resistencia externa. [43]					
Fuerza excéntrica con respecto al peso	Es la fuerza que se origina cuando los extremos del músculo se elongan y se alejan a la vez que realizan su acción, venciendo así la resistencia externa.[43]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	N/Kg	0 a 200 N/Kg	Test de saltos	Plataforma de fuerza
Potencia desarrollada con respecto al peso	Es la fuerza aplicada por la velocidad del movimiento en relación al peso de la persona que desarrolla el movimiento.[44]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	W/Kg	0 a 200 W/Kg	Test de saltos	Plataforma de fuerza
Ratio de desarrollo de fuerza concéntrica con respecto al peso	Es la velocidad a la que el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar fuerza, medida al calcular la pendiente de la curva de fuerza-tiempo desde la	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	N/Kg/s	0 a 100 N/Kg/s	Test de saltos	Plataforma de fuerza

	posición bípeda a la fuerza máxima de la acción.[44]					
Ratio de desarrollo de fuerza excéntrica con respecto al peso	Es la velocidad a la que el sistema neuromuscular es capaz de desarrollar fuerza, medida al calcular la pendiente de la curva de fuerza-tiempo desde la posición bípeda al descenso máximo.[44]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	N/Kg/s	0 a 100 N/Kg/s	Test de saltos	Plataforma de fuerza
Máxima fuerza de Impacto	En la fuerza medida durante la caída después de realizar un salto.[44]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	N/Kg	0 a 200 N/Kg	Test de saltos	Plataforma de fuerza
Índice de Fuerza Reactiva	Es la capacidad del sistema neuromuscular para tolerar una carga de estiramiento relativamente alta y cambiar el movimiento	Cuantitativa, escala: intervalo y tipo continuo	%	0 – 100%	Test de saltos	Plataforma de fuerza

	de contracción excéntrico a contracción concéntrica de manera rápida. [44]					
<b>ESTABILOMETRÍA</b>						
Desplazamiento medio lateral	Es la fluctuación del centro de presión COP hacia la derecha e izquierda desde el grado de control postural[45]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm	0 – 1000 mm	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Desplazamiento anteroposterior	Es la fluctuación del COP hacia adelante y atrás desde el grado de control postural[45]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm	0 – 1000 mm	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Variabilidad medio lateral	Es la desviación estándar con respecto al promedio del desplazamiento medio lateral. [46]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm	0 – 1000 mm	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Variabilidad anteroposterior	Es la desviación estándar con respecto al promedio del desplazamiento	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm	0 – 1000 mm	Test de estabilidad	Plataforma de presión

	nto anteroposterior[46]					
Distancia de desplazamiento del centro de presión (COP)	Es la medida del desplazamiento del punto de localización del vector de las fuerzas verticales de reacción del suelo. [46]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm	0 – 100000 mm	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Velocidad de Desplazamiento	Mide la razón de desplazamiento con respecto al tiempo. [46]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm/s	0 – 100 m/s	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Baricentro de pie derecho	Corresponde al área de desplazamiento del punto donde se acumula la resultante del peso en el pie derecho. [46]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm <sup>2</sup>	0 – 100000 mm <sup>2</sup>	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Baricentro corporal	Corresponde al área de desplazamiento del punto donde se acumula la resultante del peso corporal. [46]	Cuantitativa con escala razón y tipo continuo	mm <sup>2</sup>	0 – 100000 mm <sup>2</sup>	Test de estabilidad	Plataforma de presión
Baricentro de pie izquierdo	Corresponde al área de desplazamiento	Cuantitativa con escala	mm <sup>2</sup>	0 – 100000 mm <sup>2</sup>	Test de estabilidad	Plataforma de presión

	nto del punto donde se acumula la resultante del peso en el pie izquierdo.[46]	razón y tipo continuo				
--	--	-----------------------	--	--	--	--

#### 7.4 DISEÑO MUESTRAL

La selección de la muestra para el desarrollo de este proyecto es de tipo no probabilístico por conveniencia, la selección se dará por la accesibilidad con los deportistas que practican skateboarding en los diferentes parques de la ciudad de Bogotá. Para lo cual se les realizará una invitación directa para la participación en el proyecto y se enviará invitación para la participación a la liga de patinaje de Bogotá quien avala la disciplina del skateboarding.

El tamaño de la muestra se determinó por medio del software PASS16 de NCSS Statical Software, como población base se utilizó las cifras de FEDEPATIN correspondiente a los resultados del último campeonato realizado en la ciudad de Fusagasugá los días 05 al 07 de abril del año 2019 que contó con una participación de 84 deportistas y del ranking acumulado a nivel nacional para el año 2018 que cuenta con 134 deportistas a nivel nacional. [19] [20]

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:[21]

- Diferencia significativa ( $\delta$ ) de 1 a 10
- Nivel de confianza en relación con el número de confianza superior (CL) igual a 85%
- Poder ( $\beta$ , es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa) igual a 0.90
- Nivel de significancia ( $\alpha$ ) permitido de 0.15
- Proporción de asignación (R) igual a 1
- Desviación estándar anticipada (s, es la variación de la desviación estándar esperada) se seleccionó como valor de 1 a 10.
- Factor de inflación (M, multiplicador para llegar s al valor de confianza superior) el cual es estimado por el software.

A partir de los anteriores valores se obtuvo que la muestra requerida para el desarrollo del proyecto corresponde a un promedio de 47 deportistas, sin embargo, por

las condiciones de restricción dadas por el COVID-19 se contó con un submuestreo de 30 deportistas.

## **7.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Los criterios de inclusión para este proyecto son los siguientes:

- Mujeres y hombres mayores de 15 años y menores de 30.
- Experiencia en el deporte de skateboarding de 1 años como mínimo.
- Aceptación del consentimiento informado por parte de los padres para los menores de edad y por el participante cuando el deportista tenga más de 18 años.

## **7.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Los criterios de exclusión que se tendrán en cuenta corresponden a:

- Lesiones a nivel osteomuscular menores a 1 año.
- Lesiones a nivel osteomuscular (fracturas a nivel óseo, implante de material de osteosíntesis).
- Aditamento deportivo inadecuado a la hora de realizar las mediciones (patineta con daño estructural, ropa inadecuada, etc.).

## **7.7 ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS**

Una vez recolectada la información de cada prueba se tabuló la información a través del software Excel y se realizó el cálculo de las pruebas de normalidad y el análisis de estadística descriptiva e inferencial por medio del software IBM SPSS STATISTICS versión 2015, para el análisis de la normalidad se utilizó la prueba estadística de Shapiro – Wilk teniendo en cuenta que el proyecto conto con una muestra de 30 deportistas.

Una vez tabulados los datos, los resultados obtenidos se presentarán de la siguiente manera:

- Reporte de Resultados de las pruebas de estabilometría: los datos obtenidos se agruparán teniendo en cuenta el tipo de la prueba tal y como se observa en la tabla 4.

*Tabla 4.*

*Modelo para representación de datos para pruebas de estabilometría*

<b>Variable</b>	<b>Tipo de Prueba</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>
-----------------	-----------------------	-----------------	----------------------------	---------------	---------------	-----------	----------------	-----------

- Reporte de Resultados de las pruebas cinéticas: los datos obtenidos se agruparán teniendo en cuenta el tipo de la prueba tal y como se observa en la tabla 5.

*Tabla 5.*

*Modelo para representación de datos de pruebas cinéticas*

<b>VARIABLE</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>Q1</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>Q3</b>
-----------------	-----------------	----------------------------	---------------	---------------	-----------	----------------	-----------

- Reporte de resultados de Normalidad: con el fin de establecer los resultados de normalidad y poder presentar el comportamiento paramétrico o no paramétrico de los resultados se utilizará el modelo de tabla que se observa en la Tabla 6.

*Tabla 6*

*Modelo para representación de datos de normalidad*

<b>Variable</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)</b>
-----------------	------------------	-----------------	--

De manera gráfica se utilizarán graficas de caja y bigotes con el fin de observar la distribución de datos y la comparación entre las diferentes pruebas.

## **7.8 FASES DE LA INVESTIGACIÓN O CRONOGRAMA**

Para el desarrollo del proyecto se plantea el siguiente cronograma de actividades presente en la Fig. 3

ACTIVIDAD	INICIO DEL PLAN (mes)	DURACIÓN DEL PLAN	INICIO REAL	DURACIÓN REAL	PORCENTAJE COMPLETADO	MESES															
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>ANTEPROYECTO</b>																					
Desarrollo de preliminares	2	4	2	4	100%																
Realización de Anteproyecto en Formato	7	1	7	1	100%																
Entrega de Anteproyecto	9	1	9	1	100%																
Evaluación de Anteproyecto	9	1			0%																
Recepción de anteproyecto con observaciones	9	1			0%																
Correcciones y ajustes de anteproyecto	9	2			0%																
Entrega Final de Anteproyecto	10	1			0%																
Socialización de Anteproyecto	10	1			0%																
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b>																					
Presentación a Comité de Ética	10	1			0%																
Desarrollo de marco teórico	10	2			0%																
Convocatoria a deportistas	12	1			0%																
Medición de deportistas	12	1			0%																
Socialización de resultados a deportistas	12	1			0%																
Tabulación de resultados	12	2			0%																
Análisis de Resultados	13	1			0%																
Evaluación de resultados	13	1			0%																
Análisis Estadístico de Resultados	13	1			0%																
Representación de Resultados	13	1			0%																
<b>DESARROLLO DEL DOCUMENTO FINAL</b>																					
Generación de Conclusiones	13	2			0%																
Creación de Documento final	14	3			0%																

Figura 16 Cronograma de Actividades. Fuente Propia

## 8. RESULTADOS

En la tabla 7 se presentan las características físicas. Adicionalmente, en la tabla 8 se presenta la relación de la tipología del pie de acuerdo con los datos obtenidos de las mediciones de la presión plantar.

*Tabla 7*

*Características Físicas de la Población Evaluada*

<b>Variable</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Edad (años)</b>	22.9	4.14	18	27
<b>Peso (Kg)</b>	59.9	9.635	40	87
<b>Estatura (cm)</b>	168.23	8.496	149	183
<b>% Apoyo Estático Derecho</b>	42.32	7.17	23.2	56.8
<b>% Apoyo Estático Izquierdo</b>	57.67	7.17	43.2	76.8

*Tabla 8*

*Descripción de Tipología de Pie*

<b>Lateralidad de Pie / Tipo Pie</b>	<b>Cabo</b>	<b>Normal</b>	<b>Total</b>
<b>Derecho</b>	21	9	30
<b>Izquierdo</b>	21	9	30

Teniendo en cuenta las diferentes variables a evaluar y las características del control motor planteado desde el proyecto se relaciona a continuación los resultados para cada categoría evaluada

### 8.1 Resultados a nivel de Estabilometría

A partir de la prueba de Romberg desarrollada bajo la modalidad de Ojos Abiertos y Ojos Cerrados en posición monopodal tal y como se observa en la ilustración 4, se presentan en la Tabla 9, los resultados obtenidos a partir de las mediciones de los desplazamientos de los centros de presión y del centro de gravedad.

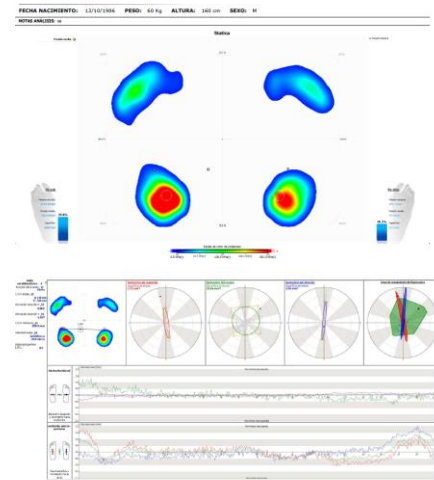


Ilustración 4 Prueba de Romberg

Tabla 9

Resultados a nivel estabilométrico. OA representa la prueba con ojos abiertos y OC corresponde a la medición con ojos cerrados

Variable	Tipo de Prueba	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Media COP Medio Lateral (mm)	OA	1.363	1.162	-1.3	4.3	0.55	1.50	2.03
	OC	1.357	1.339	-1	4.6	0.40	1.50	2.03
Media COP Anteroposterior (mm)*	OA	-2.683	2.343	-7.6	3.4	-3.82	-2.95	-1.4
	OC	-3.007	2.043	-6.6	1.5	-4.85	-3.15	-1.3
Variabilidad Medio Lateral COP (mm)	OA	1.827	1.694	0.363	9.38	0.94	1.38	1.74
	OC	1.445	0.914	0.461	4.04	0.74	1.13	2.063
Variabilidad Anteroposterior COP (mm)	OA	3.805	3.021	0.995	12.56	1.56	2.69	5.05
	OC	2.421	1.41	0.366	5.488	1.16	2.41	3.45
Distancia Recorrida COP (mm)	OA	228.607	85.676	90	477.2	177.22	209.9	245.85
	OC	223.237	66.383	128.2	410.3	174.62	215.9	239.23
Velocidad Media (mm/s)	OA	9.993	3.121	4.5	17.2	7.57	10.05	11.33
	OC	9.97	3.145	4.3	17.5	7.65	9.40	11.80
LSF (mm/mm2)*	OA	9.127	9.386	1.3	39.5	2.52	6.85	10.88
	OC	4.723	3.991	0.2	17	1.57	3.45	6.83
Área del Baricentro del	OA	21.462	33.334	1.95	180.34	5.60	12.36	22.79
	OC	9.896	10.143	0.75	40.55	2.88	7.42	11.89

<b>Pie Izquierdo (mm2)</b>								
<b>Área del Baricentro Corporal (mm2)</b>	OA	129.877	279.968	13.44	1574.4	25.10	60.46	133.06
	OC	56.996	52.077	5.99	187.67	16.62	39.11	97.86
<b>Área del Baricentro del Pie Derecho (mm2)</b>	OA	55.773	204.969	2.4	1135.05	5.19	11.64	24.66
	OC	14.988	17.446	1.19	56.1	2.41	7.64	20.99

\*COP, centro de presión.

\*\* LSF, flexión lateral de Espina.

Respecto al análisis de los resultados se presenta en la tabla 10, los resultados concernientes a las características de normalidad de datos, los cuales fueron utilizados para establecer el tipo de pruebas de comparación y análisis de hipótesis planteadas para los resultados de estabilidad. Se presenta los resultados de normalidad a través de la prueba Shapiro – Wilk teniendo en cuenta que la muestra poblacional fue menor a 50 participantes.

Tabla 10

Características a nivel de normalidad de los datos de los resultados de estabilidad. OA representa la prueba con ojos abiertos y OC corresponde a la medición con ojos cerrados

Variable	Tipo de Prueba	Asimetría	Curtosis	Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)
<b>Media COP Medio Lateral (mm)</b>	OA	0.186	0.704	0.854
	OC	0.511	0.428	0.268
<b>Media COP Anteroposterior (mm)</b>	OA	0.292	0.697	0.790
	OC	0.231	-0.565	0.835
<b>Variabilidad Medio Lateral COP (mm)</b>	OA	3.371	13.717	0.000*
	OC	1.259	1.173	0.002*
<b>Variabilidad Anteroposterior COP (mm)</b>	OA	1.619	2.4	0.000
	OC	0.469	-0.644	0.164
<b>Distancia Recorrida COP (mm)</b>	OA	1.195	1.572	0.005*
	OC	1.086	1.058	0.017*
<b>Velocidad Media (mm/s)</b>	OA	0.456	0.317	0.346
	OC	0.58	-0.077	0.408
<b>LSF (mm/mm2)</b>	OA	1.62	2.831	0.000*
	OC	2.135	4.869	0.000*
<b>Área del Baricentro del</b>	OA	4.05	18.75	0.000*

<b>Pie Izquierdo (mm2)</b>	OC	1.929	3.46	0.000*
<b>Área del Baricentro Corporal (mm2)</b>	OA	5.051	26.738	0.000*
<b>Área del Baricentro del Pie Derecho (mm2)</b>	OC	1.105	0.368	0.000*
	OA	5.384	29.275	0.000*
	OC	1.446	0.816	0.000*

*COP, centro de presión. LSF, flexión lateral de Espina.*

*\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%*

Partiendo de la hipótesis Nula: Los datos tienen una distribución normal, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk con un intervalo de confianza del 95% para un alfa del 5%, en donde se encontró que las variables que en su resultado poseen un asterisco (\*) presentan un rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alterna: Los datos no tienen distribución normal. Debido a estos resultados para realizar la comparación de los resultados entre la prueba de ojos abiertos y cerrados se utilizaron las pruebas de comparación de medias para los datos con distribución normal (Tabla 10) y se utilizó la prueba de comparación U de Mann Whitney para los datos que no poseen distribución normal (Tabla 11).

*Tabla 11*

*Resultados de comparación entre el desarrollo de las pruebas con ojos abiertos y ojos cerrados para datos con distribución normal a través de la prueba T para muestras relacionadas*

<b>VARIABLE</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
<b>Media COP Medio Lateral (mm)</b>	0.459
<b>Media COP Anteroposterior (mm)</b>	0.866
<b>Variabilidad COP Anteroposterior (mm)</b>	0.005**
<b>Distancia recorrida COP (mm)</b>	0.380
<b>Velocidad Media (mm/s)</b>	0.688

*\* Representa valores estadísticamente significativos*

*Tabla 12*

*Resultados de comparación entre el desarrollo de las pruebas con ojos abiertos y ojos cerrados para datos sin distribución normal a través de la prueba U de Mann Whitney para muestras relacionadas*

<b>VARIABLE</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
<b>Variabilidad Medio Lateral COP (mm)</b>	0.267
<b>LSF (mm/mm2)</b>	0.034**
<b>Área del Baricentro del Pie Izquierdo (mm2)</b>	0.018**
<b>Área del Baricentro Corporal (mm2)</b>	0.043**
<b>Área del BARICENTRO del Pie Derecho (mm2)</b>	0.128

\* Representa valores estadísticamente significativos

Al analizar los resultados descriptivos a nivel de estabilidad y partiendo que esta se encuentra relacionada directamente con la variabilidad medio lateral y anteroposterior y estos con las áreas de los baricentro y que entre menor estatura del participante es más estable, se puede observar que de acuerdo a las dinámicas de la disciplina deportiva y al trabajo sobre una base inestable se tienen variabilidades medio laterales en promedio de 1.82 mm y variabilidades anteroposterior de 3.8 mm durante la evaluación con ojos abiertos y que este comportamiento mejora durante el desarrollo con ojos cerrados permitiendo evidenciar que el desarrollo de la práctica deportiva genera una respuesta desde el control motor y a nivel vestibular para evitar pérdida del equilibrio en ausencia del estímulo visual, permitiendo obtener cambios a nivel significativo en la variabilidad anteroposterior, en la proyección de la flexión lateral de columna (LSF) y en los baricentros corporales.

## 8.2 Resultados de Pruebas de Saltos a Nivel Cinético

### 8.2.1 Salto en Squat

La Tabla 13 representa los resultados de la prueba de salto en Squat, en donde el deportista desarrollo 3 saltos partiendo de una posición inicial en flexión de rodilla de 90° como se observa en la ilustración 5, los datos fueron registrados a través de un juego de 4 plataformas de fuerza BTS P6000, posteriormente los datos fueron analizados bajo el protocolo BTS SQJ Kinetics y el promedio de las 3 pruebas fueron tabuladas en el software Excel para el posterior análisis en el software IBM SPSS STATISTICS.

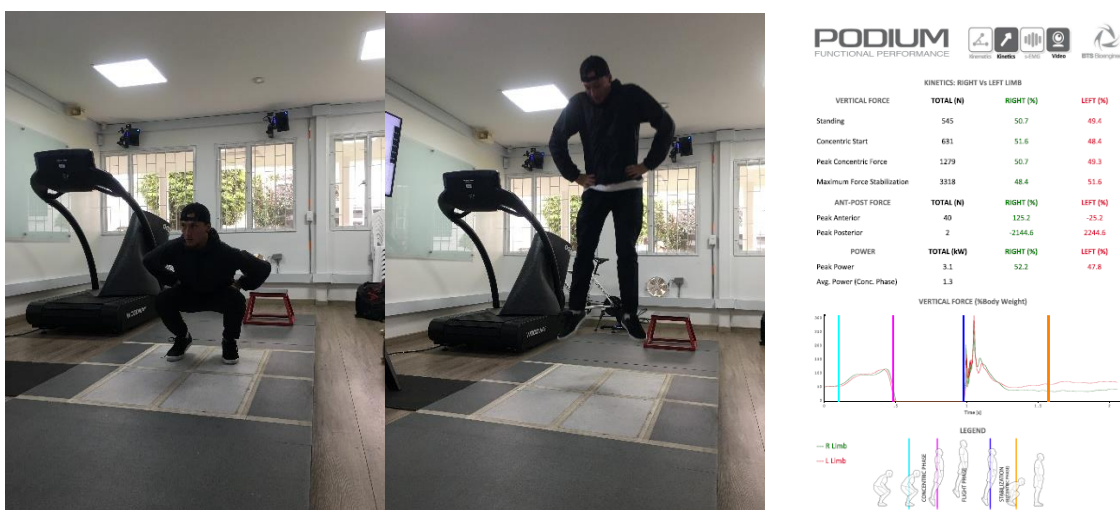


Ilustración 5 Desarrollo de la prueba de Squat Jump

Tabla 13

*Resultados de Prueba de salto en Squat a nivel cinético*

VARIABLE	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	Q1	MEDIANA	Q3
PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)	1316.71	273.39	770	2205	1161.5	1274	1472.5
PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)	2.22	0.216	1.86	2.79	2.06	2.20	2.35
MÁXIMA FUERZA DE ESTABILIZACIÓN (N)	3026.65	807.7	1474	4929	2488.5	3002	3477
MÁXIMA FUERZA DE ESTABILIZACIÓN (N/Kg)	5.21	1.421	2.03	8.07	4.29	5.37	6
PICO DE POTENCIA (N)	2922.58	1193.79	1300	6800	2150	2800	3300
PICO DE POTENCIA (N/Kg)	47.41	13.05	31.25	91.89	38.21	44.90	56.23
RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/s)/Kg	3.45	1.6	0.58	7.7	2.51	3.14	3.94

La tabla 14 representa el análisis de normalidad de los datos correspondiente a cada variable registrada a través de la prueba de salto en Squat, a partir de este análisis y partiendo de la hipótesis nula (H0): “Los datos poseen una distribución normal” se encuentra que el pico de potencia, el pico de potencia normalizado a través del peso y el ratio de desarrollo de fuerza concéntrica no poseen una distribución normal, partiendo del resultado de la prueba de Shapiro-Wilk el cual indica que a nivel estadístico se debe de rechazar la hipótesis nula (para el intervalo de confianza del 95%) y aceptar la hipótesis alternativa “Los datos no poseen una distribución normal”.

Tabla 14

Resultados de Análisis de Normalidad Pruebas Cinéticas – Salto en Squat

Variable	Asimetría	Curtosis	Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	0.886	2.69	0.104
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	0.62	0.24	0.543
<b>MÁXIMA FUERZA DE ESTABILIZACIÓN (N)</b>	0.252	-0.12	0.866
<b>MÁXIMA FUERZA DE ESTABILIZACIÓN (N/Kg)</b>	-0.268	-0.117	0.946
<b>PICO DE POTENCIA (N)</b>	1.823	4.22	0.000*
<b>PICO DE POTENCIA (N/Kg)</b>	1.45	3.21	0.003*
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/s)/Kg</b>	1.16	1.48	0.007*

\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%

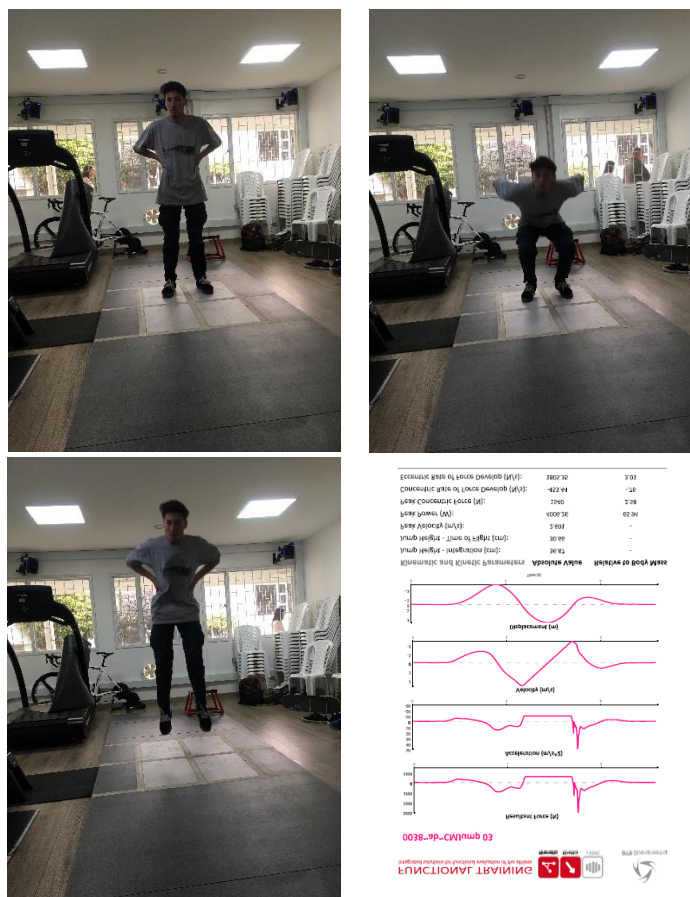
Al analizar los resultados de la prueba de cinética correspondiente a la prueba de Squat Jump, se observa que la fuerza concéntrica correspondiente a la fase de propulsión y elevación corresponde a 2.2 veces el peso del deportista lo cual evidencia una relación de fuerza adecuada para poder desarrollar la técnica y poder generar el despegue del piso.

Por otro lado, la fuerza de estabilización normalizada de acuerdo al peso de los deportistas y que corresponde al impacto, evidencian a través de los resultados que la fuerza de impacto corresponde al doble de la fuerza de propulsión, este comportamiento se da por la dinámica del deporte en donde el deportista para estabilizar genera un empuje hacia abajo para lograr una estabilización sobre la tabla. Este comportamiento puede generar un riesgo de lesión a nivel osteomuscular ya que este incremento en una inadecuada posición genera una inadecuada transmisión de fuerza y por ende la lesión.

### 8.2.2 Salto en Contramovimiento

La Tabla 15 representa los resultados de la prueba de salto en Contramovimiento, en donde el deportista desarrollo 3 saltos partiendo de una posición inicial en bipedestación y con las manos en la cintura, los datos fueron registrados a través de un juego de 4 plataformas de fuerza BTS P6000, posteriormente los datos fueron analizados

bajo el protocolo BTS CMJ Kinetics y el promedio de las 3 pruebas fueron tabuladas en el software Excel para el posterior análisis en el software IBM SPSS STATISTICS.



*Ilustración 6 Desarrollo de salto CMJ*

*Tabla 15*

*Resultados de Prueba de salto en Contramovimiento a nivel cinético*

VARIABLE	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	Q1	MEDIANA	Q3
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	3742.26	969.04	2042	5929	3096.5	3702	4407
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	61.38	8.97	46.31	81.41	54.32	62.35	66.53
<b>PICO DE FUERZA</b>	1407.1	295.766	865	2129	1218	1400	1599.5

<b>CONCÉNTRICA (N)</b>							
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	2.36	0.207	1.857	2.954	2.26	2.37	2.46
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.86	1.41	1.66	3.78	-0.12	0.68	1.71
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	2.26	0.92	-1.68	3.76	1.99	2.35	2.65

La tabla 16 representa el análisis de normalidad de los datos correspondiente a cada variable registrada a través de la prueba de salto en contramovimiento, a partir de este análisis y partiendo de la hipótesis nula (H0): “Los datos poseen una distribución normal” se encuentra que únicamente el ratio de desarrollo de fuerza concéntrica no poseen una distribución normal y partiendo del resultado de la prueba de Shapiro-Wilk el cual indica que a nivel estadístico se debe de rechazar la hipótesis nula (para el intervalo de confianza del 95%).

*Tabla 16*

*Resultados de Análisis de Normalidad Pruebas Cinéticas – Salto en Contramovimiento*

<b>VARIABLE</b>	<b>ASIMETRÍA</b>	<b>CURTOSIS</b>	<b>PRUEBA DE NORMALIDAD (SHAPIRO - WILK)</b>
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	0.31	-0.40	0.844
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	0.42	-0.11	0.462
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	0.41	-0.04	0.823
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	0.49	1.917	0.278
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.19	-0.33	0.763
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA</b>	-2.53	10.94	0.000*

---

**(N/Kg/s)**

---

*\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%*

Al analizar los resultados se observa una fuerza propulsiva positiva y correspondientes a 2.36 veces el peso del deportista, es fundamental resaltar en este caso que la pendiente de crecimiento de la fuerza relacionada a través del ratio de desarrollo de fuerza es menor y si se potencializara a través de un plan de entrenamiento permitiría obtener una mejor respuesta motora en el tren inferior. Analizando la dinámica de la disciplina en donde el deportista realiza un desarrollo explosivo en la fase excéntrica (fase de descenso), para poder genera el movimiento de ascenso con la patineta y el control aéreo en suspensión para el desarrollo de los movimientos de la disciplina permite tener la relación y los resultados a nivel de los ratios de desarrollo concéntricos y excéntricos.

De acuerdo con la relación peso potencia, se observa que los deportistas poseen una adecuada relación entre el trabajo muscular y el desarrollo del movimiento partiendo que los generadores y absorbedores de potencia son los músculos en este caso del tren inferior.

### **8.2.3 Salto en Abalakov**

La Tabla 17 representa los resultados de la prueba de salto en Abalakov, en donde el deportista desarrollo 3 saltos partiendo de una posición inicial en bipedestación pero utilizando los brazos durante el desarrollo del salto para mejorar el desempeño de este la ilustración 7 representa el desarrollo de la técnica y el reporte obtenido, los datos fueron registrados a través de un juego de 4 plataformas de fuerza BTS P6000, posteriormente los datos fueron analizados bajo el protocolo BTS CMJ Kinetics y el promedio de las 3 pruebas fueron tabuladas en el software Excel para el posterior análisis en el software IBM SPSS STATISTICS.

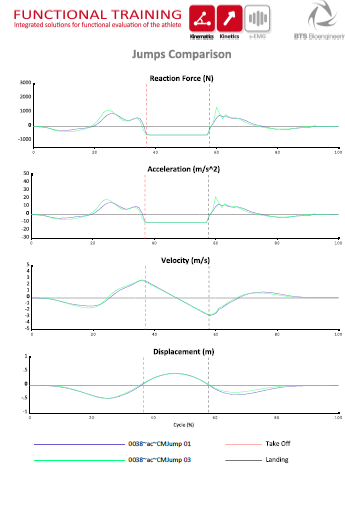


Ilustración 7 Desarrollo del salto en Abalakov

Tabla 17

Resultados de Prueba de salto en Abalakov a nivel cinético

Variable	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	4159.23	1086.42	2122	6160	3366	4081	4734.6
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	68.02	11.74	46.11	98.94	62.2	68.35	76.19
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	1455.06	304.62	854	2182	1227	1464	1655
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	2.45	0.24	2.03	3.35	2.32	2.46	2.56
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	1.28	1.58	-1.33	6.05	0.27	1.22	1.88
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA</b>	2.29	1.01	-1.21	4.17	1.81	2.23	2.92

---

**EXCÉNTRICA**  
**(N/Kg/s)**

---

La tabla 18 representa el análisis de normalidad de los datos correspondiente a cada variable registrada a través de la prueba de salto en Abalakov, a partir de este análisis y partiendo de la hipótesis nula (H0): “Los datos poseen una distribución normal” se encuentra que el pico de fuerza concéntrica normalizado por el peso y el ratio de desarrollo de fuerza excéntrica no poseen una distribución normal y partiendo del resultado de la prueba de Shapiro-Wilk el cual indica que a nivel estadístico se debe de rechazar la hipótesis nula (para el intervalo de confianza del 95%).

Tabla 18

*Resultados de Análisis de Normalidad Pruebas Cinéticas – Salto en Abalakov*

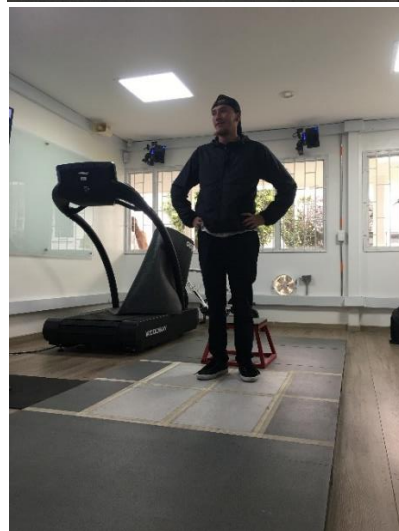
<b>VARIABLE</b>	<b>ASIMETRÍA</b>	<b>CURTOSIS</b>	<b>PRUEBA DE NORMALIDAD (SHAPIRO - WILK)</b>
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	-0.05	-1.17	0.754
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	-0.23	3.09	0.296
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	0.08	-0.54	0.939
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	0.63	0.79	0.006*
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.27	0.13	0.214
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	1.34	4.77	0.026*



\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%

Al igual que ocurre con el salto en contramovimiento, se evidencia un incremento en el ratio de desarrollo de fuerza excéntrico en comparación con el concéntrico, sin embargo, al analizar los valores del ratio de desarrollo de fuerza concéntrica, pico de fuerza concéntrica y potencia normalizados a través del peso se observa un incremento el cual se debe al aporte de brazos durante la ejecución del movimiento.

## 8.2.4 Salto desde Altura

La Tabla 19 representa los resultados de la prueba de salto desde altura, en donde el deportista desarrollo 3 saltos partiendo de una posición inicial en bipedestación sobre una base de 30 cm de altura y cayendo sobre la superficie para inmediatamente realizar un salto vertical, partiendo de la condición que los brazos deben estar en todo momento en la cintura, la dinámica del salto se observa en la ilustración 8, los datos fueron registrados a través de un juego de 4 plataformas de fuerza BTS P6000, los datos posteriormente los datos fueron analizados bajo el protocolo BTS Depth Jump y el promedio de las 3 pruebas fueron tabuladas en el software Excel para el posterior análisis en el software IBM SPSS STATISTICS.



**FUNCTIONAL TRAINING**  

Integrated solutions for functional evaluation of the athlete

**Jumps Comparison**

Kinematic and Kinetic Parameters	Mean Value	Best Value
Jump Height (cm):	101.8 ± 12.44	114.99
Jump Height - Time of Flight (cm):	32.74 ± .79	33.8
Peak Velocity (m/s):	1.506 ± .234	2.297
Tiempo de Vuelo (s)	0.51	
Ground Contact Time (s):	0.57 ± .01	0.56
Reactive Strength Index:	1.8 ± .24	2.05
Peak Power (W):	2823.22 ± 332.09	3241.84
Peak Power (W/Kg):	43.56 ± 3.85	48.65
Peak Concentric Force (N):	1484 ± 50	1554
Peak Concentric Force (N/Kg):	2.36 ± .11	2.48
Concentric Rate of Force Develop (N/s):	-208.3 ± 627.39	302.65
Concentric Rate of Force Develop (N/Kg/s):	-.34 ± 1	0.46
Eccentric Rate of Force Develop (N/s):	3418.8 ± 416.65	3052.31
Eccentric Rate of Force Develop (N/Kg/s):	5.39 ± .69	6.37

*Ilustración 8 Dinámica de desarrollo del salto desde altura*

*Tabla 19*

*Resultados de Prueba de salto desde altura a nivel cinético*

<b>Variable</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>
<b>TIEMPO DE CONTACTO (s)</b>	0.56	0.53	0.19	2.66	0.31	0.49	0.57
<b>ÍNDICE DE FUERZA REACTIVA</b>	1.16	0.5	0.43	3.16	0.92	1.11	1.29
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	4581.39	1940.51	1439	8683	3217	4285	5895
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	74.33	24.29	23.98	130.37	57.09	76.03	90.22
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	1864.19	691.807	859	3209	1404.50	1581	2330.50
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	3.11	0.91	2.11	5.28	2.43	2.81	3.70
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.807	5.45	-18.46	12.38	-1.39	1.02	2.97
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	15.93	14.37	3.73	56.7	6.24	8.95	21.92

La tabla 20 representa el análisis de normalidad de los datos correspondiente a cada variable registrada a través de la prueba de salto desde altura, a partir de este análisis y partiendo de la hipótesis nula (H0): “Los datos poseen una distribución normal”

se encuentra que los únicos resultados con distribución normal son el Pico de Potencia y el Pico de potencia normalizado a través del peso basado en el resultado de la prueba de Shapiro-Wilk el cual indica que a nivel estadístico se debe de rechazar la hipótesis nula (para el intervalo de confianza del 95%).

*Tabla 20*

*Resultados de Análisis de Normalidad Pruebas Cinéticas – Salto desde altura*

<b>Variable</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)</b>
<b>TIEMPO DE CONTACTO (s)</b>	3.360	11.244	0.000*
<b>ÍNDICE DE FUERZA REACTIVA</b>	2.143	7.623	0.000*
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	0.58	-0.57	0.080
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	0.364	0.107	0.812
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	0.72	-0.733	0.006*
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	1.026	-0.022	0.001*
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	-1.022	4.679	0.006*
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	1.593	1.859	0.000*

*\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%*

Al analizar los resultados de la ejecución de la prueba de salto desde altura se observa un incremento en el tiempo de contacto, lo cual indica una falta de reactividad por parte de los deportistas como se explicó anteriormente este comportamiento se debe a las fases de preparación para el salto durante la ejecución de movimientos sobre la tabla lo cual está relacionado de manera directa con el índice de fuerza reactiva que nos indica que los deportistas tuvieron una reacción equivalente al 116%.

Respecto al análisis de fuerza potencia se evidencian incrementos respecto a las anteriores pruebas, este comportamiento se da por el impacto y amortiguación generada por la dinámica de la prueba y la caída desde los 30 cm.

#### **8.2.4 Salto en Ollie**

La Tabla 121 representa los resultados de la prueba de salto en Ollie, el cual corresponde a un salto desarrollado sobre la patineta en posición estática y usando los brazos como una herramienta de propulsión para poder realizar el despegue del piso con la patineta, dentro de esta prueba para que el salto fuera valido el deportista debía de caer sobre la patineta, los datos fueron registrados a través de un juego de 4 plataformas de fuerza BTS P6000, posteriormente los datos fueron analizados bajo el protocolo BTS CMJ Kinetics y el promedio de las 3 pruebas fueron tabuladas en el software Excel para el posterior análisis en el software IBM SPSS STATISTICS.



*Ilustración 9 Desarrollo de Salto Ollie*

*Tabla 21*

*Resultados de Prueba de salto Ollie a nivel cinético*

<b>Variable</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	3016.5	916.66	1492	5371	2409	3071	3489.5
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	49.86	12.83	27.27	86.62	42.76	48.69	55.10
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	1261.61	291.3	746	2115	1089.5	1236	1424.5
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	2.11	0.22	1.66	2.63	1.99	2.11	2.27
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA</b>	1.55	1.23	-0.54	3.74	0.65	1.39	2.43

(N/Kg/s)							
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	1.25	0.56	0.07	2.78	1.03	1.22	1.67

La tabla 22 representa el análisis de normalidad de los datos correspondiente a cada variable registrada a través de la prueba de salto tipo Ollie, a partir de este análisis y partiendo de la hipótesis nula (H0): “Los datos poseen una distribución normal” se encuentra que todos los resultados siguen una distribución normal (para el intervalo de confianza del 95%) de acuerdo con la prueba de Shapiro Wilk.

*Tabla 22*

*Resultados de Análisis de Normalidad Pruebas Cinéticas – Salto desde altura*

<b>Variable</b>	<b>Asimetría</b>	<b>Curtosis</b>	<b>Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)</b>
<b>PICO DE POTENCIA (W)</b>	0.406	0.22	0.667
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	0.77	1.26	0.250
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N)</b>	0.704	1.26	0.398
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	0.05	0.003	0.997
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.28	-9.21	0.244
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	0.28	0.63	0.656

### 8.2.5 Comparación de Resultados a nivel cinético

La tabla 23, presenta la comparación de promedios de las variables cinéticas obtenidas a través del desarrollo de las pruebas de saltos planteadas para el desarrollo de este proyecto.

*Tabla 23*

*Resultados comparativos a nivel cinético de las pruebas desarrolladas*

<b>Variable</b>	<b>Salto en Squat</b>	<b>Salto en Contramovimiento</b>	<b>Salto en Abalakov</b>	<b>Salto Desde Altura</b>	<b>Salto Ollie</b>
<b>PICO DE POTENCIA (W/Kg)</b>	47.41	61.38	68.02	74.33	49.86
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	2.22	2.36	2.45	3.11	2.11
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	3.45	0.86	1.28	0.807	1.55
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/Kg/s)</b>	No aplica	2.26	2.29	15.93	1.25

Para evaluar si las variaciones entre las pruebas son significativas estadísticamente hablando, se estimó a través de la prueba de Shapiro-Wilk con el fin de establecer la resultados de normalidad de las variables a evaluar los resultados se representan en la tabla 24

*Tabla 24*

*Prueba de normalidad para comparación de pruebas cinéticas*

<b>Variable</b>	<b>Resultado de Normalidad Shapiro-Wilk</b>
<b>PICO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/Kg)</b>	0.000**
<b>PICO DE POTENCIA (N/Kg)</b>	0.000**
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCÉNTRICA (N/s)/Kg</b>	0.000**
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/s)/Kg</b>	0.000**

\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%

De acuerdo con los resultados obtenidos se utilizó la prueba Kruskal Wallis para los resultados con normalidad no paramétrica (resultados \*\*). Los resultados de significancia se presentan en la tabla 25.

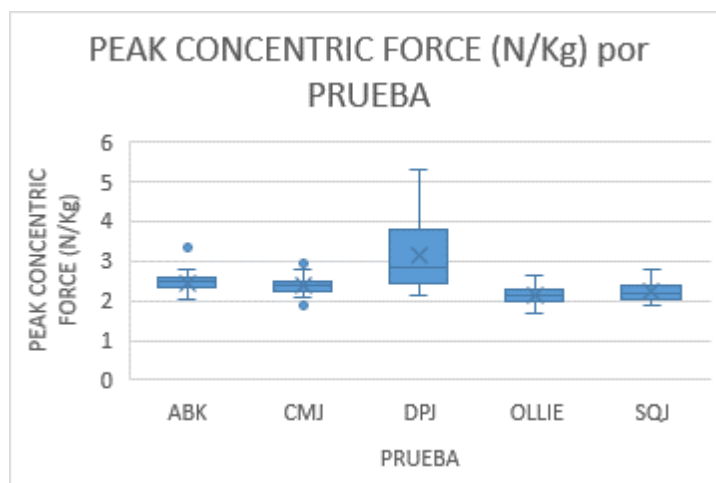
Tabla 25

Resultados estadísticos prueba Kruskal - Wallis

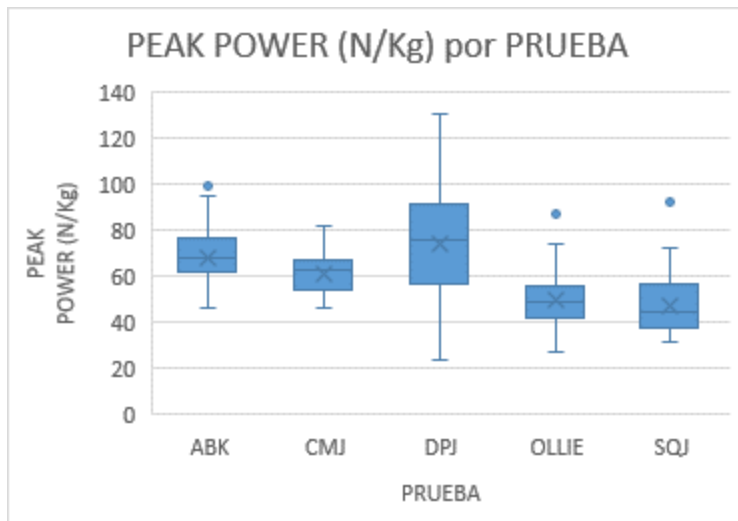
Variable	Resultado de Significancia
<b>PICO DE FUERZA CONCENTRICA (N/Kg)</b>	0.000**
<b>PICO DE POTENCIA (N/Kg)</b>	0.000**
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA CONCENTRICA (N/s)/Kg</b>	0.000**
<b>RATIO DE DESARROLLO DE FUERZA EXCÉNTRICA (N/s)/Kg</b>	0.000**

\*Los resultados representan diferencias significativas estadísticamente hablando

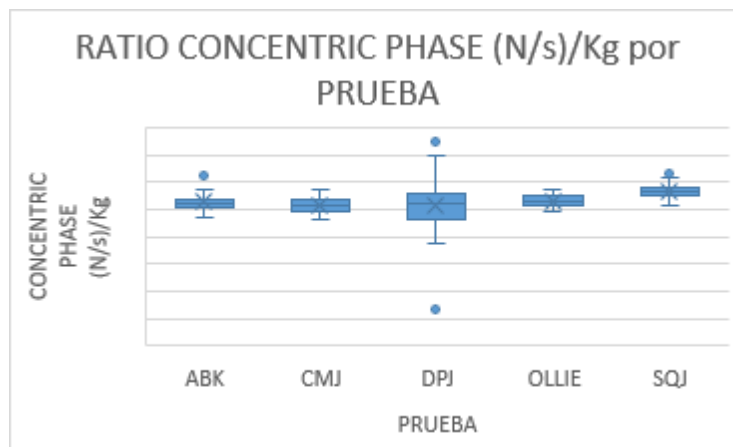
Las graficas 1 a 4 representa a través de una gráfica de caja y bigotes el comportamiento de los datos a través de su distribución para cada prueba desarrollada



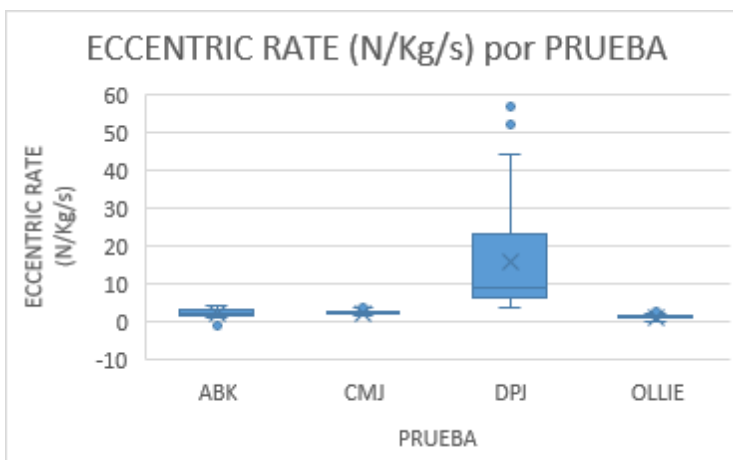
Gráfica 1 Comportamiento de la distribución de datos de la variable pico de fuerza concéntrica normalizado en el peso respecto a las pruebas



Gráfica 2 Comportamiento de la distribución de datos de la variable pico de potencia normalizado en el peso respecto a las pruebas



Gráfica 3 Comportamiento de la distribución de datos de la variable ratio de desarrollo de fuerza concéntrica respecto a las pruebas



Gráfica 4 Comportamiento de la distribución de datos de la variable ratio de desarrollo de fuerza excéntrica respecto a las pruebas

### 8.3 Resultados de Pruebas a Nivel Cinemático

#### 8.3.1 Resultados del Pico de Velocidad

Los resultados a nivel cinemático relacionados con el pico de velocidad se representan en la Tabla 26, en donde se observa una mayor velocidad de ejecución del salto en la prueba de salto Abalakov, lo cual se relaciona con lo esperado teniendo en cuenta que el movimiento de brazos genera una eficiencia en el movimiento que se ve reflejado en la velocidad de ejecución de este.

Tabla 26

*Análisis estadístico a nivel de pico de velocidad para cada prueba de Salto*

PRUEBA	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
<b>SALTO EN SQUAT</b>	2.63	0.21	2.28	3	2.45	2.68	2.81
<b>SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO</b>	2.63	0.21	2.28	3	2.45	2.68	2.81
<b>SALTO ABALAKOV</b>	2.79	0.34	1.77	3.76	2.62	2.82	3
<b>SALTO DESDE ALTURA</b>	2.418	0.369	1.68	3.26	2.15	2.48	2.63
<b>SALTO OLLIE</b>	2.41	0.65	1.28	4.57	2.06	2.31	2.54

Los resultados presentados en la Tabla 26 presentan la información relacionada con las pruebas de normalidad a través del test de Shapiro Wilk, a partir de la información obtenida se observa que los datos de velocidad para las pruebas de salto de en Squat, contramovimiento y salto en ollie representan un comportamiento no paramétrico, sin embargo para la prueba comparativa se utilizara la prueba ANOVA con corrección de Bonferroni con el fin de establecer si las diferencias son estadísticamente significantes para un alfa del 5%, los cuales se observan en la tabla 27 y se corroboran con la gráfica 5.

Tabla 27

*Resultados de Análisis de Normalidad Respecto al Pico de Velocidad para cada Prueba*

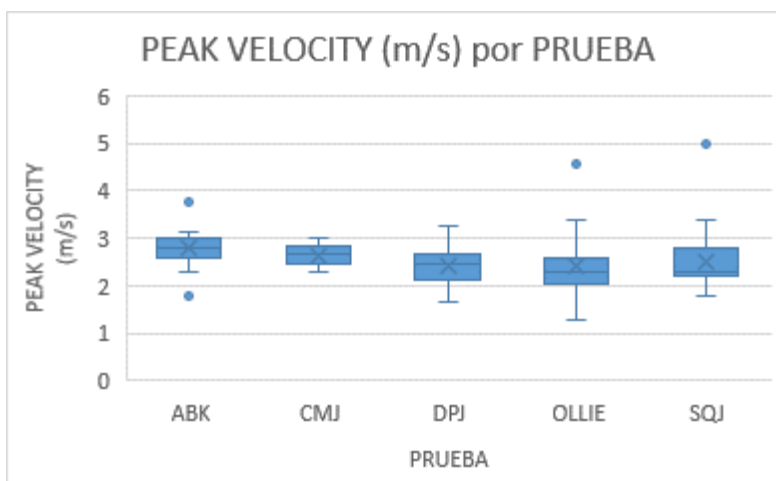
Variable	Asimetría	Curtosis	Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)
SALTO EN SQUAT	2.30	8.29	0.000**
SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO	-0.1350	-1.3440	0.050*
SALTO ABALAKOV	-0.232	3.094	0.053
SALTO DESDE ALTURA	0.0580	-0.29	0.995
SALTO OLLIE	1.46	3.33	0.003**

\* Representa datos sin distribución normal, para un intervalo de confianza del 95%

Tabla 28

Resultados de significancia a través de la prueba ANOVA con corrección de Bonferroni

Variable	Resultado de Significancia
PEAK VELOCITY (m/s)	0.007*



Gráfica 5 Resultado a través de la gráfica de caja y bigotes del pico de velocidad respecto a la prueba

### 8.3.2 Resultados de la Altura de Salto

Los resultados a nivel cinemático relacionados con la altura de salto se representan en la Tabla 29, en donde se observa una mayor altura de salto en la prueba de salto Abalakov, lo cual se relaciona con lo esperado teniendo en cuenta que el movimiento de brazos genera una eficiencia en el movimiento dado por el impulso que se logra gracias al uso de los brazos durante la ejecución del movimiento.

Tabla 29

Análisis estadístico a nivel de altura de Salto para cada prueba de Salto

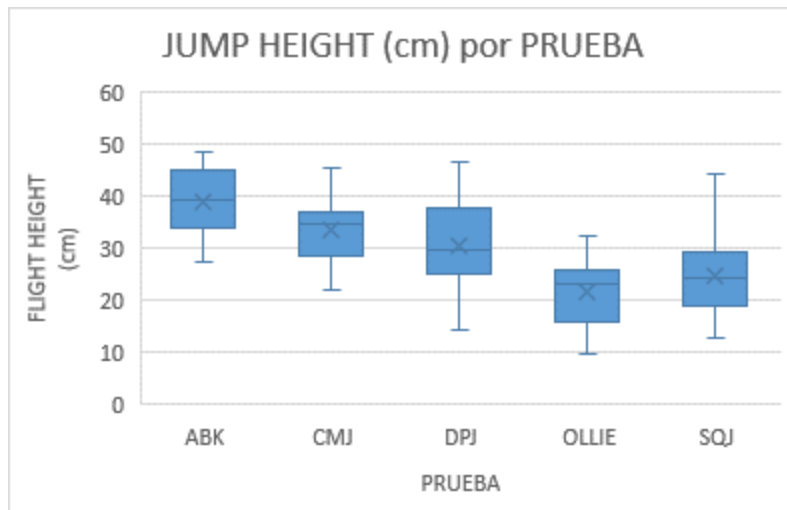
PRUEBA	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
SALTO EN SQUAT	24.67	7.4	12.9	44.07	19.10	24.20	29.15
SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO	33.54	5.63	21.98	45.26	28.65	34.55	36.76
SALTO ABALAKOV	38.89	6.3	27.38	48.42	34.02	39.15	44.80
SALTO DESDE ALTURA	30.64	7.83	14.5	46.38	25.68	29.65	36.25
SALTO OLLIE	21.57	6.16	9.59	32.55	16.30	23.08	25.69

De acuerdo con los datos de normalidad obtenidos por la prueba de Shapiro – Wilk y se observan en la Tabla 30, los resultados de esta prueba indican normalidad en cada uno de los saltos a partir de esta información se utiliza la prueba ANOVA para el análisis de la significancia para la comparación de los resultados obteniendo como resultado  $p=0.000$ . La gráfica

Tabla 30

Resultados de Análisis de Normalidad Respecto a Altura de Salto para cada Prueba

Variable	Asimetría	Curtosis	Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)
SALTO EN SQUAT	0.73	0.22	0.268
SALTO EN CONTRAMOVIMIENTO	-0.0180	-0.6490	0.702
SALTO ABALAKOV	-0.05	-1.173	0.172
SALTO DESDE ALTURA	0.0260	-0.429	0.968
SALTO OLLIE	-0.18	-0.704	0.486



Gráfica 6 Resultado comparativo a través de la gráfica de caja y bigotes respecto a la altura de salto para cada prueba

### 8.2.3 Estimación de índices a partir de Altura de Salto

A partir de las ecuaciones 8, 9 y 10 se presentan a continuación los resultados correspondientes a los índices de elasticidad e índice de aporte de brazos, determinados a través de los resultados de altura de salto:

- Índice de Elasticidad

Tabla 31

*Cálculo del Índice de Elasticidad*

Altura de Salto (promedio)	Prueba	Índice de Elasticidad	Índice de Elasticidad Porcentual
24.67	SQJ	0.3595	35.95%
33.54	CMJ		

- Índice de Aporte de Brazos

Tabla 32

*Cálculo del Índice de Aporte de Brazos*

Altura de Salto	Prueba	Índice de	Índice de
-----------------	--------	-----------	-----------

<b>(promedio)</b>		<b>Elasticidad</b>	<b>Elasticidad Porcentual</b>
<b>33.54</b>	CMJ	0.1595	15.95%
<b>38.89</b>	ABK		

- Índice de Aporte de Brazos Respecto al Salto en Ollie

*Tabla 33*

*Cálculo del Índice de Aporte de Brazos en relación con el salto en Ollie*

<b>Altura de Salto (promedio)</b>	<b>Prueba</b>	<b>Índice de Elasticidad</b>	<b>Índice de Elasticidad Porcentual</b>
<b>33.54</b>	CMJ	0.3568	35.68
<b>21.57</b>	Ollie		

- Rendimiento de Fuerza Reactiva

*Tabla 34*

*Cálculo del Índice de Rendimiento de Fuerza Reactiva en relación con el salto desde altura*

<b>Altura de Salto (promedio)</b>	<b>Tiempo de contacto (promedio)</b>	<b>Índice de Rendimiento de Fuerza Reactiva</b>	<b>Índice de Rendimiento de Fuerza Reactiva Porcentual</b>
<b>30.64</b>	0.56	0.547	54.71

## 9. DISCUSIÓN

De acuerdo con Varszegi et al, 2016, la dinámica del movimiento dado en el skateboarding genera que a medida que aumenta la velocidad la estabilidad corporal aumenta, partiendo de esta premisa y que la dinámica del deporte se basa en el desarrollo de figuras y puntos dados por los desplazamientos rápidos, la práctica cotidiana de este deporte genera un incremento y mejora de la estabilidad corporal [47].

Adicionalmente, los resultados obtenidos respecto al control motor requerido a nivel estabilométrico y que está dado por el sistema vestibular se correlaciona con el comportamiento y el modelo planteado por Hubbard en 1980, a partir del cual el autor presenta que el trabajo estabilométrico del skateboarding está relacionado con el comportamiento de un cuerpo rígido sobre una base inestable y que se regula por las fases de feedback dadas por el movimiento del centro de gravedad que genera en el deportista la corrección de este para evitar la caída, este conjunto de estímulo respuesta genera un entrenamiento del sistema propioceptivo y vestibular que representa las mejoras encontradas en la prueba con ojos cerrados [11].

Teniendo en cuenta el trabajo desarrollado por C. Cifuentes-De la Portilla, et al., titulado "Patrones biomecánicos de referencia para el diagnóstico temprano de trastornos del equilibrio: Estudio piloto", en el cual se evaluaron 38 participantes entre los 18 y 22 años sanos, a través de la prueba de Romberg por medio de una plataforma de fuerza, encontraron que los resultados en la prueba con ojos abiertos de estabilidad medio lateral correspondió a  $7.153 \text{ mm} \pm 3.4$  y a nivel antero posterior  $7.853 \text{ mm} \pm 3.1$  mientras que en la prueba con ojos cerrado reportaron una estabilidad medio lateral correspondió a  $10.151 \text{ mm} \pm 4.2$  y a nivel antero posterior  $9.499 \text{ mm} \pm 4.4$ , se puede observar que los resultados encontrados en el presente estudio evidencian unos valores de estabilidad mucho mayores tanto en la prueba con ojos abiertos como en la prueba de ojos cerrados, los cuales corresponden a estabilidad medio lateral de  $1.363 \text{ mm} \pm 1.162$  y a nivel antero posterior  $2.683 \text{ mm} \pm 2.343$  para la prueba con ojos abiertos y una estabilidad medio lateral de  $1.357 \text{ mm} \pm 1.339$  y a nivel antero posterior  $3.007 \text{ mm} \pm 2.343$  para la prueba con ojos cerrados [63].

Por otro lado, el estudio desarrollado por Shirabe N. et al., titulado "Atletas de taekwondo tienen mejor control postural que atletas de handball y fútbol americano" los autores presentan un análisis de las áreas del baricentro del pie izquierdo y derecho en 10 deportistas de taekwondo, balonmano y fútbol americano con edades entre 18 y 26 años a través de una prueba bipodal con ojos abiertos. Los autores reportan que para el taekwondo los baricentros del pie derecho corresponden en promedio a  $600 \text{ mm}^2$ , mientras que para el izquierdo correspondió en promedio a  $700 \text{ mm}^2$ ; para el Balonmano los baricentros del pie derecho corresponde en promedio a  $1100 \text{ mm}^2$ , mientras que para el izquierdo correspondió en promedio a  $1100 \text{ mm}^2$  y para el fútbol americano los baricentros del pie derecho corresponde en promedio a  $1100 \text{ mm}^2$ , mientras que para el

izquierdo correspondió en promedio a 1100 mm<sup>2</sup>; en el presente estudio se observa un mejor desempeño estabilométrico a nivel de las áreas del baricentros derecho con un registro de 55 mm<sup>2</sup> en promedio y para el pie izquierdo de 21 mm<sup>2</sup>. Estos resultados se deben a un mayor control motor a nivel estabilométrico dado por el trabajo de manera constante sobre la base inestable representada por la patineta, la duración de la práctica deportiva al día y las dinámicas del deporte [64].

Respecto al análisis cinético, se observa que los resultados obtenidos de la prueba Ollie, se relacionan con los resultados encontrados por Frederick, 2006. El cual desarrollo en su investigación el análisis del ollie durante el despegue y el aterrizaje en una población de 7 deportistas con edades entre los 17 años y los 29 años y un peso promedio de 72.7 Kg, a través de un plataforma de fuerza y a nivel dinámico, los resultados encontrados en la investigación presenta que el pico de la fuerza de despegue normalizada por el peso corporal corresponde a 2.21 N/Kg, estos resultados concuerdan con lo encontrado en este proyecto en donde se obtuvo un promedio del pico de fuerza concéntrica (fuerza de despegue) de 2.11 N/Kg, la diferencia entre los resultados radican en que la prueba desarrollada por Frederick fue dinámica mientras que la presentada en este proyecto se desarrolló de manera estática [48].

Respecto al salto desde altura, se encuentra una relación entre los resultados obtenidos en el presente trabajo y lo planteado por Determan en 2010, el cual desarrollo una investigación en la cual evalúa el comportamiento cinético durante una caída en deportistas de skateboarding durante el deslizamiento en un riel a 90 cm de altura y con un pendiente de inclinación de 60°, los resultados presentados en este trabajo evidencian un ratio de desarrollo de fuerza excéntrica de 12.09 N/Kg/s mientras que las fuerza obtenidas durante esta fase en esta investigación presentan un ratio de desarrollo de fuerza excéntrica de 15.93 N/Kg/s. Respecto al tiempo de contacto Determan presenta que este oscila entre 0.25s y 1 s y en el caso del presente trabajo el tiempo de contacto correspondió a 0.56 s, este comportamiento se relaciona con lo expuesto en los resultados y que corresponde a la estabilización requerida después de un impacto por las dinámicas del deporte [49].

Respecto a los resultados presentados por Garrido en 2004, en la Tabla 35 se presenta una comparación entre los resultados obtenidos durante las diferentes pruebas desarrolladas vs los resultados obtenidos de la evaluación de los 645 deportistas [32].

*Tabla 35*

*Comparación de altura de salto*

<b>Test</b>	<b>Promedio Garrido</b>	<b>Promedio Proyecto</b>
<b>Salto en Squat</b>	33.02 ± 6.69	24.67 ± 7.4
<b>Salto en</b>	36.11 ± 7.25	33.54 ± 5.63

<b>Contramovimiento</b>		
<b>Salto Abalakov</b>	43.21 ± 8.58	38.89 ± 6.3
<b>Salto desde Altura</b>	29.79 ± 7.65	30.64 ± 7.84

A partir de la normalidad presentada por Garrido se encuentra que los valores encontrados para la población de deportistas de skateboarding de la ciudad de Bogotá se encuentran por debajo de los resultados promedios lo cual evidencia la necesidad de generar planes de entrenamiento enfocados en esta disciplina emergente a nivel profesional en el país.

Adicionalmente, si se compara los resultados del skateboarding con lo obtenido en otras disciplinas, como se observa en la tabla 36.

*Tabla 36*

*Comparación de la altura de salto respecto a otras disciplinas deportivas.*

<b>DEPORTE \ PRUEBA</b>	<b>SQJ</b>		<b>CMJ</b>		<b>ABK</b>		<b>DPJ</b>	
	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>	<b>Mean</b>	<b>Sd</b>
<b>Skateboarding (Bogotá)</b>	24.67	7.4	33.54	5.63	38.89	5.63	30.64	7.84
<b>Fútbol</b>	32.54	6.52	35.05	6.72	42.46	7.78	30.58	8.24
<b>Atletismo</b>	30.48	6.76	34.08	8.24	40.27	9.274	25.12	6.2
<b>Voleibol</b>	40.19	5.88	43.98	6.14	52.68	6.87	36.46	6.21
<b>Baloncesto</b>	35.19	5.08	38.90	4.41	38.9	4.97	29.84	7.17
<b>Balonmano</b>	33.13	4.53	36.42	4.4	44.27	4.39	28.71	5.19
<b>Tenis</b>	32.29	5.43	35.12	5.05	41.58	6.95	29.01	4.8
<b>triatlón</b>	34.05	4.23	38.10	4.56	45.45	6.24	20.7	6.54
<b>Fútbol Sala</b>	27.23	3.41	44.20	3.56	52.58	5.34	22.93	2.69

Se encuentra que el skateboarding en comparación con otras disciplinas deportivas poseen un menor rendimiento respecto a los saltos en Squat, contramovimiento y Abalakov mientras que en el salto desde altura es la segunda disciplina con mejores resultados, estos resultados se deben a la características del deporte en donde el deportista debe de poseer una mayor capacidad a nivel de fuerza para poder generar el despegue del piso junto con la patineta, desarrollar una altura suficiente que le permita generar las acrobacias deportivas y volver a estabilizarse para la caída, adicionalmente, a un trabajo constante y repetitivo de saltos. Estos resultados evidencian la necesidad de profundizar en el análisis biomecánico de esta disciplina para generar las bases de conocimiento a nivel de entrenamiento deportivo desde una perspectiva biomecánica

## 10. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se recomienda como trabajo futuro plantear comparaciones entre diferentes disciplinas deportivas a nivel nacional ya que los estudios que sirvieron de base para la comparación de resultados fueron desarrollados en Europa, adicionalmente se plantea la posibilidad de evaluar las mejoras en esta disciplina a través de la intervención por profesionales en ciencias del deporte sobre deportistas de esta disciplina y más en este momento que fue avalada por el Comité Olímpico Internacional como disciplina olímpica.

Basados en los resultados obtenidos a nivel de estabilidad corporal se recomienda como trabajo futuro implementar los diferentes ejercicios de estabilidad para el skateboarding como un sistema de entrenamiento propioceptivo a nivel de rehabilitación y a nivel deportivo para otras disciplinas.

Otro trabajo a futuro que se puede desarrollar es basado en el diseño de materiales y de la patineta con el fin de evitar pérdida de fuerza por amortiguación y mejoras en el diseño para optimizar el desempeño deportivo.

Partiendo de que este proyecto se desarrolló a través de test que no involucran desplazamientos, a futuro sería bueno realizar un comparativo entre los resultados a nivel dinámico sobre la tabla vs a nivel estático, con el fin de comparar los resultados y el desempeño con desplazamiento.

Teniendo en cuenta los valores de fuerza obtenidos de las mediciones, se puede generar estudios sobre el análisis de estas cargas a nivel articular con el fin de establecer factores de riesgo y detectar estrategias para disminuir el riesgo de lesiones en esta disciplina, el cual podría ser un estudio de investigación desde una perspectiva de salud pública teniendo en cuenta el número de skate Parks habilitados en Bogotá.

## 11. CONCLUSIONES

1. La dinámica del deporte del skateboarding y el trabajo sobre una base inestable durante el desarrollo de este genera un perfil de estabilidad y equilibrio que se evidencia durante el desarrollo de las pruebas de estabilidad con ojos abiertos y ojos cerrados, adicionalmente, la dinámica de retroalimentación dada por la necesidad de equilibrio evidencia un control a nivel vestibular y corporal que se evidencia en la mejor estabilidad obtenida durante la ejecución de la prueba con ojos cerrados.
2. A nivel científico se observa un adecuado desarrollo de fuerza equivalente a 2 veces el peso del participante lo cual favorece el desempeño a nivel de altura y a nivel concéntrico.
3. Debido a la dinámica del deporte se evidencia un adecuado desarrollo de fuerza excéntrica mientras que la fuerza concéntrica evidencia un menor desempeño en la curva de crecimiento, este comportamiento dado por la dinámica de control requerida para lograr la ejecución de los trucos característicos del deporte.
4. La potencia desarrollada a nivel de las diferentes pruebas desarrolladas y que está representada por valores superiores o iguales al peso de los participantes evidencian una adecuada generación de esta que se correlaciona con un adecuado desempeño del tren inferior y una eficiencia en el movimiento.
5. Respecto a la altura de salto, se observa que los resultados obtenidos se encuentran cercanos a los valores reportados por otros autores frente a la altura de salto en otros deportes, sin embargo, se evidencia falencias que evitan obtener un mejor resultado frente a lo encontrado en esta prueba.
6. En relación con el índice de aporte de brazos obtenido a partir de la altura de salto del contramovimiento y el Abalakov, se observa una deficiencia en la técnica del movimiento lo cual no permite un adecuado desempeño durante la ejecución de este. En cuanto al índice de elasticidad o índice de Bosco se encuentra que corresponde al 35% lo cual se podría mejorar si se genera trabajos reflejo explosivos.

## 7. REFERENCIAS

- [1] THE INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE, "2020 Olympics - Next Summer Olympic Games | Tokyo 2020." <https://www.olympic.org/tokyo-2020> (accessed Apr. 04, 2019).
- [2] C. Rodríguez, "COLECCIÓN DE JUEGOS INFANTIL EL MONOPATIN," *Mus. DEL JUEGO*, pp. 1–24, 2010, Accessed: Oct. 13, 2019. [Online]. Available: [http://museodeljuego.org/wp-content/uploads/contenidos\\_0000000971\\_docu1.pdf](http://museodeljuego.org/wp-content/uploads/contenidos_0000000971_docu1.pdf).
- [3] Bowels Humans, "SKATE COLOMBIA: EL SKATEBOARDING EN COLOMBIA," *EL SKATEBOARDING EN COLOMBIA*, 2015. <http://deporteskatebogota.blogspot.com/2015/09/el-skateboarding-en-colombia.html> (accessed Oct. 13, 2019).
- [4] secretaria de la cultura recreacion y deporte de bogota, "Skate (Skateboarding) | Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte." <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/recreacion/skate-ski/skateboarding> (accessed Apr. 16, 2019).
- [5] F. C. de Patinaje, "BOLETIN DE RESULTADOS RANKING FUSAGASUGA I CAMPEONATO NACIONAL DE SKATEBOARDING FUSAGASUGA DEL 05 AL 07 DE ABRIL DEL 2019 RESULTADOS OFICIALES CATEGORÍA ABIERTA DAMAS-PRUEBA STREET DESTACADOS." Accessed: May 11, 2019. [Online]. Available: [https://fedepatin.org.co/archivos/skateboarding/resultados/RESULTADOS\\_OFICIAL\\_ES\\_FUSAGASUGA.pdf](https://fedepatin.org.co/archivos/skateboarding/resultados/RESULTADOS_OFICIAL_ES_FUSAGASUGA.pdf).
- [6] Federación Colombiana de Patinaje, "SELECTIVO SKATEBOARDING," 2018. Accessed: May 11, 2019. [Online]. Available: <https://fedepatin.org.co/archivos/skateboarding/resultados/RESULTADOS-SELECTIVO-FACATATIVA.pdf>.
- [7] Gobierno Digital, "Facatativá será sede del evento selectivo para el Mundial y Panamericano de Skateboarding - Alcaldía Municipal de Facatativá en Cundinamarca," 2018. <http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/noticias/facatativa-sera-sede-del-evento-selectivo-para-el-mundial> (accessed May 11, 2019).
- [8] FEDEPATIN, "SELECTIVO SKATEBOARDING," Facatativa, 2018. Accessed: Apr. 04, 2019. [Online]. Available: <https://fedepatin.org.co/archivos/skateboarding/resultados/RESULTADOS-SELECTIVO-FACATATIVA.pdf>.
- [9] 33–40. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16760565d> C Frederick, Edwar Frederick, E. C., Determan, J. J., Whittlesey, S. N., & Hamill, J. (2006). Biomechanics of skateboarding: kinetics of the Ollie. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(1), J. J. Determan, S. N. Whittlesey, and J. Hamill, "Biomechanics of skateboarding: kinetics of the Ollie.," *J. Appl. Biomech.*, vol. 22,

- no. 1, pp. 33–40, Feb. 2006, Accessed: Apr. 16, 2019. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16760565>.
- [10] N. W. Saunders, N. Hanson, P. Koutakis, A. M. Chaudhari, and S. T. Devor, “Landing ground reaction forces in figure skaters and non-skaters,” *J. Sports Sci.*, vol. 32, no. 11, pp. 1042–1049, Jul. 2014, doi: 10.1080/02640414.2013.877593.
- [11] M. Hubbard, “Human control of the skateboard,” *J. Biomech.*, vol. 13, no. 9, pp. 745–754, Jan. 1980, doi: 10.1016/0021-9290(80)90236-5.
- [12] M. Wisse and A. L. Schwab, “Skateboards, Bicycles, and Three-dimensional Biped Walking Machines: Velocity-dependent Stability by Means of Lean-to-yaw Coupling,” *Int. J. Rob. Res.*, vol. 24, no. 6, pp. 417–429, Jun. 2005, doi: 10.1177/0278364905053803.
- [13] B. Varszegi, D. Takacs, and G. Stepan, “Skateboard: A Human Controlled Non-Holonomic System,” in *Volume 6: 11th International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control*, Aug. 2015, p. V006T10A066, doi: 10.1115/DETC2015-47512.
- [14] M. Walsh, E. Slattery, A. McMath, R. Cox, and J. Haworth, “Training history constrains postural sway dynamics: A study of balance in collegiate ice hockey players,” *Gait Posture*, vol. 66, pp. 278–282, Oct. 2018, doi: 10.1016/J.GAITPOST.2018.09.009.
- [15] N. Takasugi *et al.*, “Extended Three-Dimensional Walking and Skating Motion Generation for Multiple Noncoplanar Contacts With Anisotropic Friction: Application to Walk and Skateboard and Roller Skate,” *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, Jan. 2019, doi: 10.1109/LRA.2018.2867796.
- [16] J. Chen, K. Xu, H. Ma, and X. L. Ding, “Motion characteristics of human roller skating,” *Biol. Open*, vol. 8, no. 4, p. bio.037713, Apr. 2019, doi: 10.1242/bio.037713.
- [17] Skatecol, “SKATE MAP Bogotá.” <http://www.skatecol.com/index.php/icons/bogota> (accessed Apr. 04, 2019).
- [18] “Selección Colombia de skateboarding, lista para Campeonato Panamericano.” <https://conexioncapital.co/seleccion-colombia-skateboarding-campeonato-panamericano/> (accessed Apr. 04, 2019).
- [19] “RESOLUCIÓN N°095 26 DE JUNIO DEL 2018.” Accessed: Apr. 04, 2019. [Online]. Available: <https://fedepatin.org.co/archivos/skateboarding/resoluciones/RESOLUCION-No-095.pdf>.
- [20] F. Feletti and E. Brymer, “Pediatric and adolescent injury in skateboarding,” *Res. Sport. Med.*, vol. 26, no. sup1, pp. 129–149, Apr. 2018, doi: 10.1080/15438627.2018.1438285.
- [21] E. G. Rojo-Rodríguez, E. U. Rojo-Rodríguez, O. García, and P. Zambrano-Robledo, “Utilización de Sistemas de Captura de Movimiento como Herramienta en el Estudio del Ciclo de Marcha y Desempeño Deportivo,” *Memorias del Congr. Nac. Ing. Biomédica*, vol. 5, no. 1, pp. 458–461, Oct. 2018, Accessed: May 12, 2019. [Online]. Available: <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/535>.
- [22] C. F. de C. F. Universidad de Oriente (Santiago de Cuba, A. P. Sánchez, and A. de la C. Brovkina, *Arrancada.*, vol. 16, no. 29. 2016.
- [23] Federación Madrileña de Patinaje, “¿Qué es el skateboarding? - Federación Madrileña Patinaje,” 2018. <http://www.fmp.es/que-es-el-skateboarding/> (accessed Dec. 16, 2019).
- [24] EcuRed, “Skateboarding - EcuRed,” 2018. <https://www.ecured.cu/Skateboarding>

- (accessed Dec. 16, 2019).
- [25] P. Manzanares, "Origen de la modalidad 'Park' en los Panamericanos y en Tokio 2020." <http://pxsports.com/2018/12/origen-de-la-modalidad-park-en-los-panamericanos-y-en-tokio-2020/> (accessed Dec. 16, 2019).
- [26] C. Lawrence, "Skateboard Tricks | HowStuffWorks," 2019. <https://entertainment.howstuffworks.com/skateboarding3.htm> (accessed Dec. 18, 2019).
- [27] M. Pasquali, "Origen de la modalidad 'Park' en los Panamericanos y en Tokio 2020," 2018. <http://pxsports.com/2018/12/origen-de-la-modalidad-park-en-los-panamericanos-y-en-tokio-2020/> (accessed Dec. 16, 2019).
- [28] E. Tilli López, "SOBRE LAS TABLAS," 2008.
- [29] U. de Antioquia, "UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA BIOINGENIERÍA 2017."
- [30] X. Aguado, "Biomecánica: 1.2. Biomecánica muscular," *Universidad de Castilla la Mancha*. <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=164159> (accessed Jan. 15, 2020).
- [31] J. Caballeros, "Potencia Física: Fórmulas, Tipos de Potencia y Ejemplos - Lifeder." <https://www.lifeder.com/potencia-fisica/> (accessed Jan. 16, 2020).
- [32] R. P. Garrido Chamorro, M. González Lorenzo, I. Expósito, J. Sirvent Belando, and M. García Vercher, "Valores del Test de Bosco en Función del Deporte - G-SE," *PubliCE*, 2012.
- [33] C. Vittori, "El entrenamiento de la fuerza para el sprint - Dialnet," pp. 2–8, 1990, Accessed: Jan. 21, 2020. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3706404>.
- [34] C. Bosco, P. V. Komi, J. Tihanyi, G. Fekete, and P. Apor, "Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles," *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, vol. 51, no. 1, pp. 129–135, Feb. 1983, doi: 10.1007/BF00952545.
- [35] J. L. González, L. Garcia, J. Mora, and J. Castro, "CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ELASTICIDAD MÁXIMA DE MIEMBROS INFERIORES MEDIANTE SALTO VERTICAL MEDIANTE ANGULACIONES DE RODILLA ESPEC," 2007, Accessed: Jan. 21, 2020. [Online]. Available: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista28/artsalto68.htm>.
- [36] J. Bencke, R. Damsgaard, A. Saekmose, P. Jørgensen, K. Jørgensen, and K. Klausen, "Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming," *Scand. J. Med. Sci. Sport.*, vol. 12, no. 3, pp. 171–178, 2002, doi: 10.1034/j.1600-0838.2002.01128.x.
- [37] F. J. L. Gallego, A. J. L. Sánchez, N. E. Vacas, and J. C. Zagalaz, "Evaluation of the explosive force of lower limb extension in schoolchildren," *Apunt. Educ. Fis. y Deport.*, no. 122, pp. 44–51, Oct. 2015, doi: 10.5672/apunts.2014-0983.cat.(2015/4).122.05.
- [38] M. Pereira, "El centro de gravedad en un Estudio Biomecánico de la pisada Sevilla." <https://hospitalveugenia.com/comunicacion/el-hospital-victoria-eugenia-con-el-deporte/articulos/el-centro-de-gravedad-en-un-estudio-de-biomecanica-deportiva/> (accessed Jan. 23, 2020).
- [39] J. Acuña, "Centro de Gravedad del Cuerpo Humano," 2016. <http://cdgdelch.blogspot.com/> (accessed Jan. 23, 2020).
- [40] J. Perez, "Curso: Biomecánica del Cuerpo Humano, Tema: Unidad 3," 2015.

- <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/course/view.php?id=1136&section=3> (accessed Jan. 24, 2020).
- [41] F. Javier and F. Juan-Garcia, "VALORACIÓN DE LA POSTURA Y EL EQUILIBRIO MEDIANTE POSTUROGRAFÍA. APLICACIONES EN REHABILITACIÓN," 2017.
- [42] DeporTEC, "Altura de salto vertical - Métodos de cálculo - DEPORTEC." <http://www.deportec.es/salto-vertical-i-tecnicas-la-determinacion-la-altura-del-salto/> (accessed May 12, 2019).
- [43] Fisiocampus, "¿Contracción concéntrica o excéntrica? ¡Esa es la cuestión! | Fisiocampus." <https://www.fisiocampus.com/articulos/contraccion-concentrica-o-excentrica-esa-es-la-cuestion> (accessed May 12, 2019).
- [44] T. R. Ackland, B. Elliott, and J. (John) Bloomfield, *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Human Kinetics, 2009.
- [45] C. Centro Andaluz de Medicina del Deporte., D. Barbado, and F. J. Moreno, *Revista andaluza de medicina del deporte.*, vol. 6, no. 3. Centro Andaluz de Medicina del Deporte, 2013.
- [46] J. Arcila, D. Cardona, and J. Giraldo, "Algoritmos para la medición de centros de gravedad corporal en plataformas convencionales," *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires*, 2018. <https://www.efdeportes.com/efd181/medicion-de-centros-de-gravedad-corporal.htm> (accessed May 12, 2019).
- [47] B. Varszegi, D. Takacs, G. Stepan, and S. J. Hogan, "Stabilizing skateboard speed-wobble with reflex delay," *J. R. Soc. Interface*, vol. 13, no. 121, p. 20160345, Aug. 2016, doi: 10.1098/rsif.2016.0345.
- [48] E. C. Frederick, J. J. Determan, S. N. Whittlesey, and J. Hamill, "Biomechanics of skateboarding: Kinetics of the ollie," *J. Appl. Biomech.*, vol. 22, no. 1, pp. 33–40, Feb. 2006, doi: 10.1123/jab.22.1.33.
- [49] J. J. Determan, E. C. Frederick, J. S. Cox, and M. N. Nevitt, "High impact forces in skateboarding landings affected by landing outcome," *Footwear Sci.*, 2010, doi: 10.1080/19424280.2010.525534.