

ESCUELA NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

INAH

SEP



*ESTUDIO DEL APRENDIZAJE Y BIOMECÁNICA DE MALABARISTAS
DE CIRCO, UNA CONSTRUCCIÓN ANTROPOFÍSICA*

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE

LICENCIADO EN ANTROPOLOGÍA FÍSICA

PRESENTA

Joab Emanuelle Isai Miranda Pineda

DIRECTOR DE TESIS: *Dra. María Eugenia Peña Reyes*

ASESOR DE TESIS: *Dr. Héctor Darío Aguirre Arvizu*

MEXICO, D.F.

2015

ÍNDICE

1.Introducción.....	6
1.1. Inicio.....	7
1.2. Planteamiento del problema.....	11
1.3. Objetivos.....	16
1.4. Preguntas de investigación.....	17
1.5. Hipótesis.....	17
1.6. Justificación.....	18
2. Enfoque teórico.....	23
2.1. La construcción antropofísica.....	24
2.2. Biomecánica.....	26
a) Aspectos a profundizar sobre los sistemas de referencia.....	33
b) Notas determinantes sobre planimetría.....	38
c) Elementales teórico-metodológicos del estudio.....	42
d) Velocidad angular.....	45
2.3. Gestos motores	50
a) Gesto motor del muñequero.....	50
b) Gesto motor de posicionamiento del cuerpo.....	56
c) Gesto motor de la visión estereoscópica.....	58
2.4. Sobre el lance.....	67
a) El modelo de catorce fases.....	70
2.5. Madurez biológica: periodos críticos y periodos sensibles.....	71
2.6. Aspectos sobre el control motor.....	77
2.7. Entrenamiento.....	80



3. Antecedentes	85
3.1. Circo.....	86
3.2. Malabares.....	94
a) El aprendizaje de los malabares.....	96
3.3. Etnografía de los contextos urbanos.....	100
a) Reconstruyendo historias de vida: una propuesta laboral.....	101
3.4. La antropometría al servicio de la antropología física.....	103
4. Material y métodos	106
4.1. El proceso de integración del grupo de estudio.....	107
4.2. Los malabaristas élite.....	109
4.3. Protocolo de entrevistas.....	111
4.4. Materiales.....	114
4.5. Perfil antropométrico.....	116
4.6. La estereofotogrametría.....	118
a) La captura de secuencias mediante el uso de tres videocámaras (estereofotogrametría)	124
b) Procedimiento de captura.....	127
c) Fase de edición: vídeos a fotogramas.....	128
d) Obtener el valor de “n” fotogramas.....	129
e) Migrar “n” fotogramas a AUTOCAD.....	131
f) Escalar “n” fotogramas y trazado de líneas.....	132
4.7. Ecuación del modelo tridimensional.....	135
a) Trasladar/Convertir coordenadas de origen local “n” a coordenadas globales.....	136
b) Convertir sistema local n a sistema local ab.....	136
c) Trasladar sistema local ab a sistema global XY.....	137
d) Proyectar coordenadas X_{ni} , Y_{ni} , Z_{ni}	138
e) Obtener la ecuación de la recta que pasa por los puntos conocidos P_{ni} y P_{ni}^l , rectas que actúan en el plano paralelos a XY.....	138
f) Relacionar P_{ni}^l con P_{ni} para tener X, Y como únicas variables.....	140



g) Simplificar la ecuación, teniendo en X, Y como únicas variables.....	141
h) Obtención del modelo 3D.....	142
i) Hallar puntos medios en lados del triángulo P_{Ai} , P_{Bi} , P_{Ci}	147
j) Hallar ecuaciones de las medianas del triángulo i....	148
k) Hallar intersección P_i como vértice final i del modelo 3D.....	151
4.8. Cálculo de los parámetros del modelo 3D.....	154
4.9. Cálculo del ángulo θ entre tres puntos P_i	155
4.10. El rastreo ocular (Eyetracking)	156
5. Resultados.....	161
5.1 Comparativo de lance activo:	162
Morris Rodríguez, Rogerio Piva, Brian Dresdner y Christopher Atayde.....	-
Christopher Atayde.....	163
a) Comportamiento de arco en articulación glenohumeral derecha.....	164
b) Comportamiento de arco en articulación glenohumeral izquierda	165
c) Comportamiento de arco en articulación radiocarpiana derecha	166
d) Comportamiento de arco en articulación radiocarpiana izquierda	167
e) Comportamiento de arco en articulación femorotibiorotuliana derecha	168
f) Comportamiento de arco en articulación femorotibiorotuliana izquierda	169
g) Comportamiento de arco en articulación tibioperoneostragalina derecha	170
h) Comportamiento de arco en articulación tibioperoneostragalina izquierda	171
i) Velocidad articular glenohumeral derecha por FASES.....	172
j) Velocidad articular glenohumeral izquierda por FASES.....	173
k) Velocidad articular radiocarpiana derecha por FASES.....	174
l) Velocidad articular radiocarpiana izquierda por FASES.....	175



m) Velocidad articular femorotibiorotuliana derecha por FASES.....	176
o) Velocidad articular femorotibiorotuliana izquierda por FASES.....	177
p) Velocidad articular tibioperoneostragalina derecha por FASES.....	178
q) Velocidad articular tibioperoneostragalina izquierda por FASES.....	179
5. 2. Comportamiento ocular por FASES.....	180
a) Dilatación pupilar derecha.....	183
b) Dilatación pupilar izquierda.....	184
6. Epílogo.....	185
6.1 Conclusiones generales	186
a) Primera formulación general.....	186
b) Segunda formulación general.....	186
6.2. Exposición específica de la técnica del lance activo.....	187
a) Observación: gesto motor del posicionamiento del cuerpo.....	187
b) Observación: gesto motor muñequero	192
c) Observación: gesto motor visión estereoscópica.....	195
6.3. Sobre el protocolo de entrevistas.....	199
a) Componente "A"	199
b) Componente "B"	202
c) Componente "C"	207
d) Componente "D"	209
e) Componente "E"	209
-----7. Bibliografía.-----	210



1.

Introducción

1.1. Inicio

Hace muchos años, cuando aún era un pequeño que soñaba con mundos lejanos llegó a mis oídos un relato que sembró en mí el interés por los malabares:

“En un Reino llamado Tonga sus habitantes creían que en el inframundo habitaba una mujer que no tenía ojos a la cuál llamaban Hikuleo, que al moverse o salir tenía el poder de provocar terremotos, la historia relata que los tonganos que se acercaban a espiarla y que no estaban autorizados a ir al inframundo eran hurtados de sus ojos para ser depositados en un tazón de madera, entonces Hikuleo llamaba a las mujeres del inframundo y éstas se sentaban en su casa y hacían malabares con los ojos. Un alma escapó del inframundo y llevó el relato a la gente de la tierra, así los tonganos comenzaron a practicar malabares, pero como ningún hombre del inframundo fue a la casa o participó en el juego, esa actividad quedo posibilitada sólo en las mujeres” (Cohen, 1987).

Ahora sé que no era un relato cualquiera, era una justificación etnográfica de por qué en dicho país de Oceanía son las mujeres las únicas que practican el arte de hacer malabares. Este fragmento retomado de una nota periodística hecha por un viajero norteamericano fue el inicio de un gran número de notas informativas de televisión y cápsulas radiofónicas (*por una de las cuales yo me enteré y hasta ahora destacó su aporte como algo trascendente*) que documentaron la destreza de niñas de 5 y 6 años lanzando hasta siete pelotas con una facilidad impresionante, orientando a posteriores trabajos sobre un vínculo entre los malabares y un espectro muy amplio dentro de la dinámica social de los Tonganos.

En contraste, el contexto hegemónico occidental, ve en la práctica de los malabares un oficio efectuado normalmente por hombres -o al menos en el nivel más profesional-, sólo baste revisar la lista del *International Jugglers' Association*¹, donde no sólo la mayoría de miembros son hombres sino que en la lista de campeonatos y records se puede observar la notoria ausencia de mujeres, sin duda una curiosa contraposición cultural.

¹<http://www.juggle.org/>

Por otro lado en mi recorrido de experiencias sobre los malabares debo rescatar otra que me parece influencia clave para interesarme en el tema: en el año 2011 mientras trabajaba en el proyecto de “Etnografía de los circos tradicionales de México”, en una pequeña carpa del estado de Morelos me encontré con un señor de 60 años –aproximadamente-, que mientras hablaba arrojaba una pequeña cuchara de metal a modo casi “automatizado”: siempre un lance desde su muñeca izquierda que proporcionaba un impulso a la cuchara para dar dos vueltas en el aire y ser de nuevo cachada, así que en el momento que consideré la oportunidad lance una pregunta –*qué a la luz de lo que hoy sé, fue mentecata, pero en ese entonces no conocía mucho del tema*-- ¿Nunca se le cae la cuchara?, el señor puso cara de contrariedad y respondió: -¿Cuándo tú te vuelves a subir a una bici te caes?, lo que bien se aprende nunca se olvida joven- (Fuente: datos etnográficos propios).

En estas dos breves anécdotas encontré las pistas para edificar un estudio con rigor científico, y particularmente el interés emergió de los recovecos en las mismas; en el caso de las mujeres malabaristas de Tonga lo que caló en mi discernimiento fue que esas niñas a edades muy tempranas tenían una destreza magistral evidente, al darme a la tarea de buscar fotos de aquella época quedé muy intrigado, mientras en contraparte el señor –*que después me enteré fue un malabarista de circo en la década de los 70’s*- me regaló una analogía muy significativa: “los malabares son como el aprender a andar en bicicleta”, y es que recordé que la gran mayoría aprendemos a pedalear este vehículo cuando somos niños y ciertamente sin importar el paso de los años –*claro siempre y cuando el cuerpo aguante*- podemos volver a subirnos a una.

Estas ideas lograron hacer una fusión con los conocimientos adquiridos por mi formación en antropología física, y particularmente dentro de los cursos de ontogenia encontré la información que realmente contenía la respuesta a “¿por qué los seres humanos somos potencialmente capaces de adquirir diversas habilidades motoras (*pensando en un estricto orden genético*) como especie?” y “¿cómo estas potencialidades se hallan moduladas en su expresión por el

ambiente?”, así sólo faltaba plantear un problema que fuera pertinente abordar con dichos soportes.

Entonces consideré que el sustento que podría estar bajo muchas interrogantes era un proceso que se había discutido durante años en el terreno de la biología del desarrollo: los periodos críticos.

“Por periodo crítico se entiende determinada etapa de duración limitada durante la cual una influencia particular, de otra área del organismo en desarrollo, o del medio, evoca una respuesta particular. La respuesta debe de ser benéfica y hasta esencial para el desarrollo normal, o puede ser patológica. Un ejemplo de periodo crítico patológico: algunos niños cuyas madres padecen sarampión alemán entre la primera y la duodécima semanas de embarazo nacen con cataratas y otros defectos. El periodo de respuesta está estrictamente limitado, es “crítico” en el sentido muy real”.
(Tanner,1979:77).

Curiosamente en este libro Tanner menciona que si bien no se puede dudar de la existencia de los periodos críticos, faltan estudios sobre su accionar a distintos niveles, pero además reporta que evidenciarlos en la adquisición de habilidades motoras resulta en una empresa que requiere tomar en consideración muchos factores.

Aunque si tenía claro que el aprendizaje y entrenamiento en ciertos periodos dentro del desarrollo orientaban a una canalización positiva de diversas capacidades tanto cognitivas como motoras -conocía teoría pedagógica de los jóvenes talento a causa del clásico libro de Benjamin Bloom “Developing Talent in Young People” de 1985-, el verdadero reto era hilvanar que el aprendizaje motor de ciertos patrones de movimiento y su futuro reforzamiento a través del entrenamiento constituían la futura expresión prodigiosa de habilidad en los malabaristas de circo.

Curiosamente la biomecánica emergió bajo el pretexto de retribuir “algo” al grupo de malabaristas que integrarían el estudio, pensé -seguro les interesaría tener por escrito el patrón de sus movimientos-, pero de manera imprevista lo que dibujé como un aporte sencillo terminó por convertirse en el eslabón que adecuó todo el

estudio. Así para probar la viabilidad explicativa de mi propuesta convenía especificar el patrón de movimientos de la actividad física que deseaba, pero encontrar los patrones de movimiento era en si una finalidad del estudio.

De forma alterna cimente las coordinaciones motoras que componen la ejecución que deseaba valorar y las definí en términos biomecánicos. Esto resultó ser la empresa más quimérica del estudio, replanteé la búsqueda para responder la pregunta: *¿Qué aspectos motores son los que aprenden y entrenan los malabaristas para obtener el patrón de movimiento en un determinado lance?*, para eso tuve que especificar muchas cosas.

Posteriormente ajuste *-como otros investigadores-*, que no era necesario construir de cero: El referente del amplio estudio efectuado por el biólogo y antropólogo cubano Hamlet Betancourt León, sobre las bailarinas de la célebre compañía profesional *Ballet Nacional de Cuba*, materializó una idea que empleé; dentro de ciertos gremios la valoración del potencial o talento es funcionalmente empírica, y uno como agente externo le compete descifrar *¿Qué es lo que se ve?*, y *¿En función de qué se valora?*, porque esas respuestas ya existen solo se debe lograr explicarlas y poder mudarlas a un lenguaje científico.

Entonces debía comprender qué es lo que un buscador de talentos de empresas internacionales de circo valora cuando observa la ejecución de un malabarista y con la experiencia de los malabaristas alienar un mismo discurso, porque nadie está descubriendo el hilo negro.

Así la biomecánica permitió el traslado *a manera de puente*, sobre qué era exactamente lo que componía o no cierta ejecución hablando en términos motores, usé muchas de sus propuestas metodológicas y sus construcciones teóricas permearon la sensatez del estudio. A la postre encontré estudios afines a lo que proponía, comprendí entonces que poder valorar cualquier ejecución motora a través de patrones de movimiento era una propuesta muy funcional y en términos científicos: universal.

“En ese punto el estudio comenzó a contar su propia historia”

1.2. Planteamiento del problema.

Hacer malabares es mantener un flujo de movimiento constante sobre objetos lanzados por una persona con la aplicación impulsora en un punto y su ejecución más común refiere a la efectuada con las manos a través del muñequero. Sin embargo también existe el antipodismo (perpetrado con los pies) que al menos en el caso de Mesoamérica era practicado con antelación en pueblos *prehispánicos* “un grupo de antipodistas (*xocuahpatollin*) y acróbatas (*matlanchines*), fueron parte de los tesoros que Hernán Cortes llevó a Europa y presentó ante el emperador Carlos V de España” (Revolledo, 2006:13).

La antropología puede ver en la práctica de los malabares un excelente ejemplo de arraigo cultural reflejo, dado que se encuentra presente en muchas civilizaciones desde hace milenios, con diversidad de técnicas e innumerables objetos: pelotas, aros, clavos (mazos), alimentos, animales, individuos, etc. Su inserción como práctica corporal diferenciada sobre otras tendría que ser dimensionada en el terreno social, donde se podría encontrar en ejecuciones rituales, mágicas o de entretenimiento y en diversidad de contextos culturales que corresponderían a periodos históricos específicos:

“Hay pruebas de malabaristas durante la gran civilización egipcia que fueron importados de India. El malabarismo ha sido una institución durante muchos siglos en Japón, China, Sureste de Asia, Irán y el Tíbet. Hasta los aztecas y otros nativos americanos tuvieron malabaristas. Los malabaristas en estas culturas tempranas eran a menudo provenientes de rituales religiosos y mitológicos. Es probable que los malabares hayan tenido origen en otras formas de destrezas, algunas formas de malabarismo son encontradas aún hoy en día en tribus primitivas, efectuadas por un chamán” (Truzzi y Truzzi, 1974:4).



Fig.1.1. Pintura temprana de malabares que muestra a mujeres en su conocimiento experto, en la tumba número 15 de Beni Hassan perteneciente a un príncipe desconocido asociado al periodo del Reino Medio entre 1990 a 1781 A.C. (Fuente: Beek y Lewbel, 1995:94)

Más allá de esa persistencia temporal en su historia, los malabares se encuentran imbricados en la capacidad humana de efectuarlos. Esta posibilidad anatómico-funcional está facultada en el hecho de que como especie compartimos una serie de atributos corporales (estructuras anatómicas) y aptitudes fisiológicas (curvas de maduración funcional jerarquizadas) que nos permiten adquirir dicha *habilidad motora* (Gallahue, 1987:14) en su manera más general, pero lograr llevarla a niveles de máxima ejecución biomecánica comprometería una serie de aprovechamientos de umbrales de oportunidad biológica conocidos como *periodos críticos* (Berardi, et al.2000:138, Bronson 1962:127, Levine, et al.1959:42, Tanner, 1977:77) que constituirán el momento de mayor conveniencia para canalizar su entrenamiento.

Al dejar de lado por ahora los niveles de eficiencia en la ejecución de los malabares, existe un aspecto que integra su naturaleza. El movimiento de lance de objetos siempre opera bajo uno de los tres principios dinámicos:

1. **El lance activo:** Que consiste en la búsqueda de rapidez en la incorporación y consecución de los elementos, dentro de la rotación que compone la forma de secuencias por las que viajan en el aire los objetos.
2. **El lance de rebote:** Es una variante muy común en el juego con pelotas e implica estrellar el objeto lanzado contra una superficie que lo haga rebotar para ser incorporado en un flujo de movimientos donde los objetos son integrados en una serie rotatoria.
3. **El lance pasivo:** En practicantes anglosajones actuales es reconocido como “*contact*”, éste consiste en llevar a los objetos a trasladarse por partes del cuerpo de los ejecutantes con la finalidad de ser impulsados o



Fig. 1.2. Modelo de lance activo, de rebote y pasivo (Imágenes en Santos, 2010: 51:135: 121, agrupadas por Miranda, 2012)

retenidos/equilibrados en una posición para luego ser retomados en un flujo de lance rápido. A veces este tercer modelo es ubicado por los practicantes como un truco del primero, pero después de razonar las habilidades motoras que se asocian con los principios del movimiento realmente son dos especializaciones dentro de los malabares. (Fuente: Datos etnográficos propios: 18/05/2012).

El interés del presente estudio sólo se centra en el “*lance activo*” por considerar que reúne los gestos motores de muñequero, visión estereoscópica y posicionamiento del cuerpo, que parecen integrar la base de ejecución de los malabares de forma más evidente y pueden ser un buen eje discriminante para explicar la adquisición de habilidades motoras, que al ser especializadas mediante el entrenamiento permitirían tener una técnica muy eficiente para la manipulación de objetos.

Elegí las clavav/mazos (Fig.1.3), por una razón basada en el principio de desproporción en sus segmentos, siendo objetos que exigen ser manipulados por su mango/cuello y no por su cuerpo, lo que técnicamente resulta en una demostración explícita de su rotación en el aire (además de que contabilizar sus giros es más sencillo).



Fig. 1.3. Clava tradicional (Santos, 2010)

Así el presente estudio entra en la explicación biomecánica de los malabares y su vinculación con la especialización de las habilidades motoras que lo sustentan, y en el fondo nomotético de esta propuesta existe la necesidad de encontrar individuos que posean un máximo nivel de coordinación de los tres gestos motores (habilidades de muñequero para lanzamiento, visión estereoscópica y posicionamiento del cuerpo -estas dos últimas funcionan como predictoras del recorrido de los objetos lanzados para ser atrapados de nuevo-) dado que en ellos encontraríamos una manera más sencilla de cuantificarlos. Por lo que se construyó un perfil tipológico de eficiencia en el “*lance activo*”, que implicaría lograr el flujo constante de cinco clavav en el “*lance rápido*” por ocho lances y cinco recepciones (rotación completa), en una media de tres segundos. Este perfil en

adelante será referenciado como malabarista élite dentro del principio dinámico número uno y aplicable sólo a clavos.

Ahora bien, para encontrar a estos malabaristas de élite y conformar el grupo de estudio la búsqueda se centró en diversos circos actuales dentro de México porque es en ese espacio sociocultural donde dicha actividad física es una profesión remunerada y existe una lógica de poder hallar a malabaristas élite dentro del principio dinámico 1 que manejen clavos. No obstante por la especificidad metodológica y el tiempo para concluir dicho estudio se decidió hacer un cuadro comparativo con sólo cuatro malabaristas élite, considero que esto brinda información suficiente para un primer nivel de acercamiento.

La propuesta que articula el fenómeno en su aspecto social es la reflexión antropológica de la ejecución de los malabares como una habilidad motora dentro de una cotidianidad social como es el circo, que contextualiza la posibilidad de efectuar trabajo de campo en un grupo que no ha arraigado dentro de los estudios de “cultura popular” (Inzua, 1997), y tal vez permitiría encontrar un factor común en el entrenamiento y su forma de aprendizaje.

Curiosamente, la problemática del aprendizaje de los malabares se encuentra en la literatura científica desde 1903 en el artículo de Edgar James Swift en *The American Journal of Psychology* titulado “*Studies in the psychology and physiology of learning*”, donde por apartados se evalúa el lanzamiento y recepción de pelotas como prueba de aprendizaje motor con una mano y su relación con la adquisición del control reflejo. La paradoja del artículo versa sobre la clara posibilidad de adquirir el dominio de dicha habilidad por cualquier individuo sin tomar en cuenta aspectos como la edad -que influye directamente sobre la madurez-, aunque como bien señalan: “*todos los seres humanos tenemos la potencialidad de desarrollar y aprender una variedad de patrones de movimientos fundamentales y de habilidades especializadas*”, pero sentencian que “*el desarrollo motor es dependiente e influenciado por el crecimiento y madurez*”...”y que el ambiente donde un niño es criado influye de manera importante en el desarrollo motor” (Malina et al., 2003:195).

Cercando la construcción temática este estudio se incluiría dentro de una problemática ya antes trabajada desde diversas disciplinas *¿Cómo aprendemos y perfeccionamos ciertas habilidades motoras en etapas específicas del desarrollo biológico?* (McGraw, 1943; Malina et al, 2003; Ericsson et al, 1993) aportando la descripción de los malabares como una actividad física “atrayente”, dado que su aprendizaje los sitúa dentro de procesos ontogenéticos específicos y delimitados por el crecimiento, desarrollo y madurez de los individuos, además que la potencialidad biomecánica del homo sapiens encuentra sustento en la transformación de los patrones de movimiento adquiridos por la evolución de nuestra especie.

Por lo tanto, planteo valorar los procesos que dan origen a la máxima expresión en la coordinación de los gestos motores de muñequero, visión estereoscópica y posicionamiento del cuerpo para el lance de cinco clavos en un contexto de circo, haciendo la comparación entre cuatro malabaristas ~~de~~ élite. Lo anterior bajo el supuesto de que cuando se recibe un entrenamiento en un período crítico se consigue una mayor efectividad en el aprendizaje motor reflejo, por lo que en las edades comprendidas entre 6 y 12 años conllevan una integración en la habilidad del lance de objetos (Cratty, 1970:204) que implica una serie de coordinaciones motoras y que análogamente tendría reciprocidad con el “*estadio comprendido de juventud*” -aproximadamente con la correspondencia de 7 a 12 años en hombres y 7 a 10 años en mujeres- elaborado por Bogin en 1972 y especificado en 1999; y *la adolescencia* -aproximadamente 5 a 10 años después de la pubertad en ambos sexos- (Bogin, 1999) que representa un umbral para la adquisición y la especialización por una serie de justificaciones ontogénicas, todo esto con base en el hecho de que, si bien el crecimiento es el que da el origen a las estructuras anatómicas, su capacidad de respuesta siempre tiene que ver con la maduración.

Dado la falta de bibliografía que dé cuenta sobre los rangos máximos a valorar en la ejecución de malabaristas, se busca dejar una serie de datos obtenidos gracias al grupo élite de malabaristas para un patrón futuro de rangos de movimiento en esta actividad.

1.3. Objetivos.

a. Objetivos Generales.

- I. Describir las características del entrenamiento en diversas edades y la relación que guardan con las diferentes etapas de desarrollo y el tipo de entrenamiento que se da bajo una carpa de circo, a través de la construcción del discurso etnográfico
- II. Identificar y analizar los gestos motores que se relacionan con la ejecución del lance de cinco clavav, utilizando modelos de movimiento comparativo de ángulos entre los cuatro malabaristas de élite.

b. Objetivo Específicos.

- I. Describir cómo se desarrollan las habilidades motoras cuando se realizan actividades que promueven su práctica continua en un contexto de circo.
- II. Explicar el patrón biomecánico en la ejecución técnica entre los cuatro malabaristas de élite al lanzar cinco clavav.

1.4. Preguntas de investigación.

- a. ¿Existen etapas específicas o edades asociadas a un entrenamiento para la formación de malabaristas élite?
- b. Al hacer el análisis del movimiento biomecánico de la ejecución entre los cuatro malabaristas de élite ¿se encuentran semejanzas o diferencias en la técnica?

1.5. Hipótesis

- I. Existen dos periodos críticos para efectuar el entrenamiento de la especialización psicomotriz de los malabaristas élite (en las edades de 6-12 años y la adolescencia -5 a 10 años posterior a la pubertad), o simplemente el entrenamiento no distingue la vinculación entre edades.
- II. Existen gestos motores que son clave para lograr mantener cinco clavav en el aire que se reconocen entre los malabaristas de élite.
- III. Por el contrario existen técnicas específicas entre los ejecutantes, que justificarían singularidades dentro de los gestos motores

1.6. Justificación

La antropología física se centra en la variabilidad biológica de los humanos bajo dos procesos dinámicos: los cambios adaptativos ocurridos durante la evolución de nuestra especie desde su origen hasta el presente (filogénesis) y los procesos que cada individuo experimenta durante su ciclo de vida, desde su nacimiento hasta la muerte (ontogénesis) (Fuente: comunicación directa Dra. Peña, 2012).

El presente estudio retoma de dichas perspectivas algunos de sus niveles explicativos para abordar el fenómeno de la adquisición de las habilidades motoras vinculadas con una actividad física² específica: los malabares, por lo que en un sentido estrictamente disciplinar tiene su pertinencia.

Si bien se busca profundizar si los periodos críticos ofrecen una mejor condición para el desarrollo de los tres gestos motores propuestos, la construcción sólo tiene posibilidad si se comprende que se está buscando en lapsos que evolutivamente han logrado prolongarse con un propósito adaptativo único en nuestra especie: la adolescencia y la niñez.

De hecho parece ser que de antemano existe ya una respuesta al ¿Por qué? en la niñez se podría tener un *lapso ganado evolutivamente*³ para lograr el aprendizaje de múltiples aspectos -incluyendo desde luego patrones de movimientos-: “*El valor de la niñez está destinado para adquirir muchos aspectos de la cultura humana*”, y continúa; “*la niñez provee un tiempo adicional para el desarrollo del cerebro y el aprendizaje*” (Bogin, 1997)

²Actividad Física: “Cualquier movimiento producido por músculo esquelético que resulta en un gasto energético” (Caspersen, Powell, y Christenson: 1985; pág. 234). Y de esta definición se retoma la operante del sistema de salud Norteamericano “El movimiento corporal que es producido por la contracción del músculo esquelético y que considerablemente aumenta el gasto de energía” (US Department of Health and Human Services 1996).

³“La evidencia muestra que la niñez surgió como un nuevo estadio en la historia de la vida homínida, apareciendo primeramente durante el tiempo del *homo habilis*” y que “como estadio es única para el desarrollo de los humanos” (Bogin, 1997).

Por otro lado, la propuesta de cuantificar el movimiento haciendo uso de las técnicas de captura en vídeo abre la posibilidad de justificar por qué una técnica de ejecución es más funcional en el sentido biomecánico que otra, siendo este análisis el que realmente podría generar un aporte a quienes practican los malabares, existiendo por tanto una retribución funcional en su gremio.

Empero dichos niveles no abarcan toda la complejidad de aportes en nuestra disciplina que transcurre de lo biológico a lo cultural, al extender un vaivén que exige los principios estructurantes de lo cuantificable para vincularse a la visión sociocultural que brinda explicaciones cualitativas, aportando la visión flexible de los procesos humanos que por naturaleza se encuentran fundidos con nuestra biología. De acuerdo a esto la hibridación científica marca que los estudios que mezclan lo cuantitativo con lo cualitativo forman la aspiración de lo que se estructura como “completo” (Wallerstein: 1999), sin embargo esa estación “ideal” es laboriosa porque requiere hilar fino conceptos con la finalidad de hacer integral una investigación.

Así, la posibilidad de estudiar los malabares en un nivel biológico ofrece la facultad de dar respuesta sobre los beneficios de su existencia o permanencia en disciplinas como la biomecánica y fisiología, desde donde se construye parte del discurso explicativo de la teoría evolutiva. En terrenos más amplios autores como James F. Sallis en textos como “Determinants of exercise behavior” de 1990 o “Health and Human Behavior “ de 1993 describen minuciosamente la elipse que representa el ejercicio como conducta humana, que bajo la construcción del concepto integrador de actividad física se escapa a la especificidad del fenómeno evolutivo, planteando interrogantes como: ¿Qué fue lo que potencialmente determinó al ejercicio a arraigarse como conducta humana?.

Además la antropología puede aportar novedosos criterios a las ciencias que tradicionalmente han desarrollado las teorías del aprendizaje y en particular la visión del antropólogo físico sobre cómo se aprende a mover el cuerpo es algo que generalmente ha quedado relegado a clases de formación ilustrativa y sin

embargo su comprensión sustenta la construcción de muchas explicaciones culturales, lo cual me parece valiosísimo.

Y por último existe una consideración muy especial: Si bien el estudio de los malabares a través del análisis en campo puede resultar en un tema académico poco espectacular para muchos dado que su abordaje coetáneo se construye en un “grupo muy pequeño de individuos” que han adoptado esta actividad física, la elección de un contexto social como el circo hace del presente estudio una construcción meritoria y una referencia para estudios posteriores.

Me permitiré ilustrar al lector poco especializado en el tema del circo de una manera breve pero concienzuda:

El circo en México representa una vereda poco transitada desde hace años porque la cohesión social de sus integrantes ha guardado bajo llave sus uniones económicas de una forma consciente, es por eso que han logrado una reproducción exitosa durante muchos años. Así ahondando más en el tema, me permito aseverar que este grupo ha sido interpretado bajo un cristal que ellos mismos han construido y que es palpable en muchos trabajos “académicos/periodísticos” que han emergido durante décadas, reproduciendo ideas que lejos de ser ciertas son calca de lo que se espera encontrar.

Vale bien comenzar en terrenos conocidos; en los acervos bibliográficos de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) existe el referente de un *único trabajo de investigación en campo* sobre circo:

Rebeca Walker quien estudió antropología social en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla realizó una tesis para obtener su grado de licenciatura en 1995 y a su culmine difundió un juego al fondo de acervo por el cual logré conocer su trabajo. Es relevante la referencia en la medida que la precisión por la información y matices que dicho trabajo aportó al gremio antropológico debió de haber problematizado sobre futuros temas de investigación, pero por inverosímil que parezca ese material quedo en un limbo para antropólogos sucesores que intentaron abordar la temática circense (Inzua,1997).

Si bien su lectura recuerda una edificación periodística, sus descripciones nos permiten reconstruir que es lo que Rebeca conoció de los circos que visitó. Justo por ese motivo es que la construcción social que ofrece del circo mediante sus “entrevistas” permite contrastar explícitamente que parte del discurso es diferente en la actualidad.

Bien ahora llevemos la exposición a un punto más actual, una tesina del año 2012 en el acervo de la facultad de filosofía y letras de la UNAM, realizada para obtención de título de grado en pedagogía, el tema trata sobre: “Contenidos educativos en el Circo Atayde Hermanos”, la propuesta era informar sobre el dilema educativo de los circenses, pero la carpa elegida para el trabajo en campo no contaba con instalaciones de escuela móvil por encontrarse fuera del circuito de apoyo de la CONAFE. Por lo que el trabajo termina centrándose en el aprendizaje del público a través de una función de circo:

“el circo es un espectáculo que dentro de una función contiene implícito valores humanos, los elementos lúdicos que favorecen un ambiente de proceso enseñanza aprendizaje en los espectadores” (Velázquez, 2012:5).

Bajo esa premisa, es que la titular de dicha investigación comienza la construcción de un discurso mediante “entrevistas” que parecen arrojar una congruencia con la experiencia de Rebeca, así describe algunos relatos que son más fantásticos que los reportados por su predecesora, pero que guardan el gusto delicado de tomar como verdad todo lo que se les cuenta. La pregunta es ¿podemos aventurarnos a decir que el circo que ellas describen es el reflejo de toda una realidad para el circo en México?, si es que la respuesta es no, por qué los trabajos parecen tan homogéneos.

Si la esencia del discurso no ha cambiado tenemos dos posibles explicaciones: la construcción social ha cambiado relativamente poco al transcurso del tiempo o la información arrojada por parte de estos grupos continua siendo la misma debido a que su nicho ha impulsado esa decisión.

En mi opinión la segunda explicación es más probable, si uno tiene familiares o conocidos que han pertenecido o pertenecen al espectáculo circense sabrá que la construcción expuesta por aquellos informantes es un discurso amalgamado sobre lo que se debe de decir a prensa.

Esta pantalla de humo es una especie de telón que permite guardar lo “*exótico*”, la “*magia*”, el “*misticismo*”, en algo que convenientemente necesita ser peculiar, de no ser así perdería su esencia que justifica su comercialización como producto.

Justamente es éste pilar el que prueba lo pertinente de un estudio que se desenvuelve desde otra trinchera. Existe entonces un vacío de información que puede ser rellenado de a poco con trabajo en campo que favorezcan la contrastación de fuentes, la aplicación de pruebas, el uso de permisos legales, los consentimientos informados y el compromiso de retribución a dicha población

Asumir que un antropólogo físico puede aportar contenidos novedosos y útiles a la información que se posea de cualquier grupo humano, es el reto que justifica nuestra existencia, no se trata de ir a recolectar entrevistas u opiniones sobre un tema o desenterrar información sobre el pasado (tanto en vestigios como en bibliografía), se trata de la gestión que hacemos a dicha información.

2.

Enfoque teórico

2.1. La construcción antropofísica.

Para el caso de la antropología física, la práctica de los malabares se ubica en el campo de la actividad física, por lo que es posible abordar su estudio desde un enfoque biológico persiguiendo diversos fines, pero particularizando en un trasfondo disciplinar la incorporación selectiva serían los estudios de movimiento humano (kinesiología), que bajo la tradición académica de la antropología física superponen la resolución de interrogantes cómo: ¿Por qué nos movemos como lo hacemos? ¿Cómo aprendemos a movernos como lo hacemos?, ¿Por qué especializamos ciertos patrones de movimientos y otros no?, y asociaciones con la multiplicidad de relaciones que esto tiene con la salud, trabajo, recreación, deporte, juego, evolución, etc.

La propuesta del presente estudio es lograr una construcción integradora de enfoques disciplinarios que permita dar una explicación más completa sobre el fenómeno de adquisición y especialización de las habilidades motoras centrándome en los malabares como una actividad física de especial interés.

Por lo que elegí sustentar el trabajo en dos disciplinas: La ontogenia y la filogenia

- Ontogenia: Debido a que dentro de sus niveles de análisis sobre el desarrollo del organismo se encuentran las nociones que permiten una explicación consecuente para dar respuesta sobre la adquisición y especialización de las habilidades motoras, de manera tal que los procesos de madurez, desarrollo y crecimiento son de vital importancia para poder acceder a la adquisición y especialización de cualquier habilidad motora, por lo que evidentemente es aplicable a los malabares.
- Filogenia: Estos mecanismos reguladores propuestos por la ontogenia son posibles debido al resultado de una larga serie de sucesos transcurridos en la conformación de nuestra historia evolutiva como especie, así poder contar con un sistema nervioso central que permita coordinar la respuesta de tres gestos motores que operan en los malabares (que de hecho es justificante funcional para poder explicar cómo es que los chimpancés -

nuestros parientes más cercanos en orden taxonómico- encuentren serios problemas para poder hacer de esta habilidad motora una especialización por coordinación), también dentro de esta rama descansa otro sistema que son los rangos de apertura y movilidad de nuestras articulaciones -que dicho sea de paso también tienen especificaciones particulares gracias a toda una sucesión de procesos adaptativos-, y desde luego todos los grupos musculares que hacen posible la ejecución de dicha actividad.

Mientras que fungiendo como grandes tenazas a manera de herramientas tomé la etnografía como parte necesaria para acercarme a los malabaristas élite -*gracias a ésta se solventó la tipología de lance activo y la recolección de sus rutinas de entrenamiento concibió la exposición de los gestos motores*-. Sus historias de vida como profesionistas (anotadas con la mayor precisión en mi libreta de campo) permitió elaborar la reconstrucción de cómo llegaron a dominar su arte. Además de que cómo amigos me ofrecieron la oportunidad de acceder a todo un mundo de nociones e historia que su arte contiene, y que ahora forma parte de una de mis pasiones.

Y desde luego la biomecánica que es la parte más densa del análisis del estudio, su naturaleza cuantitativa era necesaria para aterrizar toda construcción elaborada.

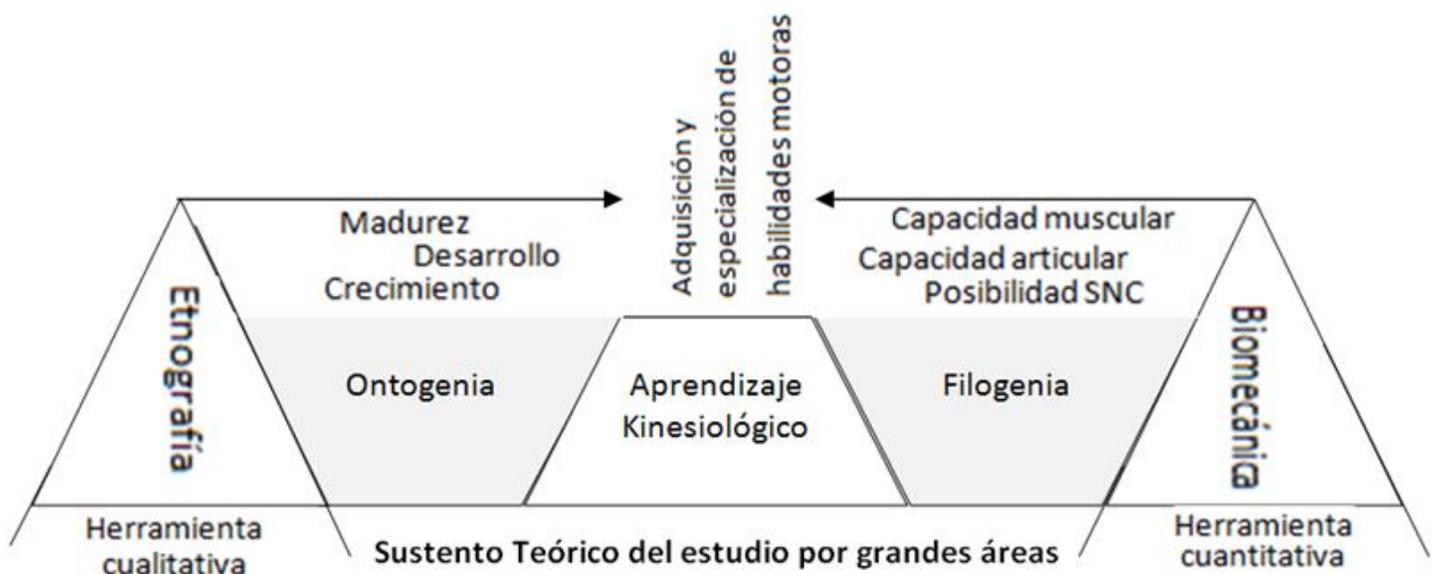


Fig.2.1. Modelo de análisis utilizado para el estudio (Fuente: Elaboración propia)

2.2. Biomecánica

La biomecánica es “*la aplicación de principios mecánicos hacia los sistemas biológicos*” (Wainwright, et al., 1982:423). Estos principios mecánicos se retoman de lo que hoy se conoce como *mecánica clásica*, que tiene cimiento en las *tres leyes* de Issac Newton (1642-1727), publicadas en el “*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*” de 1687.

Por deducción se comprende que el uso de la biomecánica desprende “*técnicas cuantitativas desde el rango mesurable simple temporal, hasta la adquisición elevada de precisión de un sistema cinético y cinemático*” (Jaffrey, 2008:1).

Conviene decir que tanto la cinemática como la cinética, son parte de la perspectiva dinámica de la mecánica. La primera enfocada al estudio de las trayectorias en función del tiempo: movimientos de aceleración, velocidad, posición en el espacio, pero limitada a considerar las causas que lo producen, mientras que la segunda -*en ocasiones usada como homónimo de dinámica*- se encarga del estudio de las leyes que rigen el movimiento, por lo que aporta la descripción de las causas que provocan los cambios o estados del movimiento (Fig.2.2).

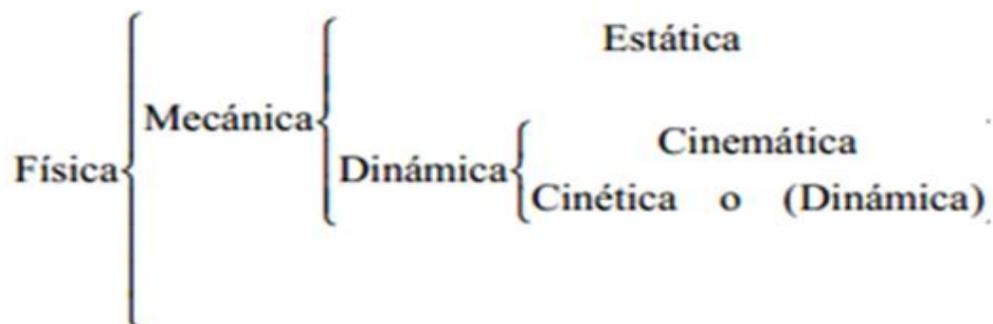


Fig. 2.2 . Esquema de correspondencia en los campos de la mecánica (Zabalza, 2010: 1)

Debido a que bajo sus intereses se encuentran “*las relaciones entre la geometría y los movimientos*” (Zabalza, 2010: 1), su poder explicativo en los fenómenos que

describen son de alto impacto. Sentenció en un evidente que quedó implícito sobre redacción pero que nunca sobra; para la mecánica misma, los movimientos del cuerpo humano competen a la “*mecánica de los cuerpos rígidos*”, asumir la perfecta rigidez es una idealización que posibilita la incursión de la cinemática, porque a pesar de que existen deformaciones causadas por doblamiento, compresión o estiramiento; “*éstas son por generalidad mínimas y no muestran afección hacia los movimientos motores gruesos de las extremidades o del mismo cuerpo, por lo que podemos considerar al cuerpo como un sistema ligado a los cuerpos rígidos*” (McGinnis, 2013:12)

Queda recordar que:

“Desde los *Principia* de Newton, en 1687, pasando por la *Mecanique Analytique* de Lagrange hasta el *Treatise* de Maxwell de 1873, la idea de una descripción mecánica del mundo se consolidó como dogma de explicación de la naturaleza; el esquema de conceptos y principios newtonianos se reveló como el instrumento perfecto de investigación que prometía proporcionar una explicación mecánica de todos los procesos de la naturaleza” (Guillaumin, 1993:3)

Por lo que en breve tiempo, la biomecánica se ramificó como perspectiva para analizar el movimiento humano bajo el enfoque mecánico, especificándose como:

“*El estudio de la relación entre fuerzas externas (causadas por el contacto físico del peso corporal con el ambiente externo) y fuerzas internas (tanto fuerzas activas generadas por músculos, como fuerzas pasivas ejercidas sobre otras estructuras) quienes actúan sobre el organismo y emane de estas ocurre el movimiento del cuerpo*”. (Watkins, 2000:107).

Así, la antropología física utilizó dicho enfoque para amalgamarlo a sus intereses osteológicos-evolutivos:

“*El uso generalizado de la teoría biomecánica en la antropología data de mediados de 1970, donde su utilidad fue demostrada en áreas tales como la locomoción primate (Wells y Wood, 1975), la masticación (Hylander, 1975) y el análisis estructural de los huesos largos (Lovejoy, et al, 1976)*” (Ruff, 2000:71).

A la par de esta dirección evolutiva, la asociación entre la goniometría y los segmentos articulares del cuerpo humano expuso un profundo impacto en los estudios de eficiencia deportiva. Así valoraciones para estimar la rotación de los segmentos del brazo y la cabeza en el tenis (Sprigings, et al. 1994), esquemas de comparación en pedaleo de ciclismo (Gonzales, et al. 1989), la ejecución del pateo en el futbol soccer (Shan, y Westerhoff, 2005), la velocidad angular en la coordinación articular conjunta del lance en el beisbol (Hirashima et al 2008), o la importancia del hombro y rodilla en la natación (Richardson, 1986), *-por citar solo pocos de los cuantiosos existentes-* que reforzaron propuestas, técnicas y limitantes en los análisis de movimiento humano dentro de múltiples actividades físicas.

Sobre esto, decreto implícito que el modelo biomecánico para representar el movimiento del cuerpo humano usa como principios la antropometría o somatometría del cuerpo. Asunto que por añadidura disciplinar explicita compete al campo de la antropología física, pero sobre este punto profundizare después.

De momento ajusto detallar aspectos de enfoque; la naturaleza del problema del presente estudio requiere del empleo de diversas técnicas que permitan registrar, cuantificar y analizar los elementos que participan en la ejecución del movimiento. Por lo que de acuerdo con Barros, 2010:

“El primer paso para un análisis biomecánico es la construcción de un modelo biomecánico de representación del cuerpo del sujeto y el análisis de situación. Este modelo se trata de una idealización, que implica una simplificación en la que se representan las características esenciales del sujeto y fenómeno no fundamentales omitiendo justificaciones plausibles” (Barros, 2010:60).

Es cierto que para medir los aspectos que se eligen evaluar se considera el mayor número de variables que inciden o afectan su expresión, para lo que actualmente existen diversos laboratorios especializados en análisis de movimiento, donde con aparatos de última tecnología se efectúan estudios que siguen rigurosos protocolos con el fin de controlar el mayor número de variables.

No obstante la objetividad pretendida al aprovisionar un ambiente controlado, el resultante da otra idealización de modelo, debido a que en el mejor de los casos se busca simular condiciones semejantes al ambiente “*habitual*” del fenómeno, pero operar bajo la suposición de semejar a un ambiente no deja de ser una construcción simplificada del ambiente mismo.

Así, hay que pensar la alta incidencia que un ambiente ejerce sobre la expresión que se pretende valorar:

Suponga que desea evaluar el picheo de quince jugadores de la liga de beisbol nacional, para eso los cita en el laboratorio de análisis de movimiento más sofisticado de su ciudad, realiza las valoraciones de los tipos de picheo específico en cada jugador y sus resultados reportan diversidad en el patrón de agarre e impulso en el lance que puede catalogarse en variedad sobre enfoques de eficiencia, pero eso no basta para comprender la comunión entre el picheo y su expresión en el campo de juego.

Sirva a ejemplo un estudio que con exquisitez refleja el punto señalado, al demostrar como las condiciones ambientales del momento interfieren en la valoración de trayecto en el lance de los objetos: “*la altitud y el clima afectan la densidad del aire, que a su vez afecta que tan lejos va una bateada de béisbol o el trayecto en sóftbol*” (Bahill, et al. 2009:109), el estudio titulado “Effects of Altitude and Atmospheric Conditions on the Flight of a Baseball” apunta que:

“La densidad del aire es inversamente proporcional a la altitud, la temperatura y la humedad, y está directamente relacionada con la presión barométrica..... En una típica tarde de julio en el estadio de béisbol de Grandes Ligas, la altitud es fácilmente el factor más importante, explicando el 80% de la variabilidad.... El modelo muestra cómo el rango de la bola bateada depende en igual medida de la fuerza de arrastre y del “Efecto Magnus” (fuerza causada por la rotación del objeto moviéndose en un flujo de aire) y considera la importancia relativa de la fricción y las fuerzas de Magnus” (Bahill, et al. 2009).

Otra idea que completa el argumento y tal vez más popular:

“la altitud también afecta el valor de la gravedad, de manera que a mayor altitud menor gravedad, y viceversa. Por ello, a mayor altitud, más lejos o alto se proyectara un móvil...Sin embargo, y al igual que ocurre con la latitud, las

modificaciones en el valor de la gravedad no son muy significativas.” (Izquierdo, 2008:359).

Aunque evidentemente el asunto del aire es mucho más conocido, en especial cuando se habla de corrientes de viento y por eso la importancia de estudios sobre la fuerza de resistencia aerodinámica en muchos deportes, su competencia es consiente en la colectividad de ejecutantes profesionales, esto a pesar de que la predicción matemática no es tan sencilla. De hecho los malabaristas élite, conocen esta influencia, al menos de manera práctica; *“localicé en sus referentes evitar hacer ejecuciones al aire libre cuando el viento sopla en su contra, impidiéndoles parte del control en su lance”*. (Fuente: Datos etnográficos propios).

Sobra mencionar, que considerar aspectos como los descritos y otros por el estilo, implican una serie de prerrogativas que escapan de posturas modestas como la de este estudio. Baste excusar que la relación entre suceso y las variables que lo afectan -ya sea desde la cinética u otros rumbos-, son problemas que discurren aún mucha investigación.

Una vez alistado el tema de las variables, retorno a los principios fundamentales que posibilitan emplear los enfoques biomecánicos a la empresa que interesa y corresponde mencionar un principio fundamental o norma general:

“El análisis del movimiento humano requiere la descripción detallada de los cambios de posición del cuerpo, o de sus segmentos (cinemática), así como la identificación de las causas que lo producen (cinética)”. (Izquierdo, 2008:18).

En este punto adhiero que el estudio únicamente toma herramientas de enfoque cinemático: detallando el movimiento del cuerpo en el lance activo de cuatro malabaristas élite a través del tiempo. Sin restringir en el hecho de que existe una reconstrucción politemática de bagaje previo, que el lector podrá hallar como guiños a la cinética, psicología deportiva, biología del desarrollo, etc., usada como marco del contenido etnográfico, regidor de límites y sustratos del estudio. Prosigamos con otro punto de Izquierdo:

“...a la hora de observar y describir el movimiento será necesario identificar el lugar o marco de referencia (sistema de referencia) en donde tiene lugar el

movimiento...El sistema de referencia puede ser fijo o puede también hallarse en movimiento. Al primero se le denomina “sistema de referencia absoluto”, mientras al que se encuentra en movimiento lo denominaremos “sistema de referencia relativo”. En el caso de los sistemas de referencia absolutos, los tres ejes de orientación espacial (x,y,z) se cruzan en el eje articular del movimiento y los cambios de posición del segmento se describen respecto a este eje articular. En el caso de los sistemas de referencia relativos, la posición de un segmento se describe en función de la posición de su segmento adyacente”. (Izquierdo, 2008:18).

Sobre esto podemos detallar que: el sistema de referencia fijo establece su planimetría en relación inamovible con una línea horizontal que retrata el reflejo de un nivel de piso “plano y perfecto”, como si la tierra fuese una planicie recta. El ejemplo más claro es aquel que señala que el análisis angular del antebrazo desde la planimetría transversal del cuerpo, describe la posición angular absoluta del antebrazo, porque ésta usa un plano horizontal como referencia fija. Entonces sí se fija como eje otra línea o planimetría cuyo horizonte no sea inamovible, se empleará la planimetría relativa. (McGuinnis, 2013:168)

Conviene decir que un mismo fenómeno puede analizarse bajo un sistema de referencia u otro, dependiendo que se quiera describir, debido a que la planimetría elegida no depende de la naturaleza del movimiento sino de la relación con un planteamiento antepuesto. La figura 2.3 simplifica ambas posturas.

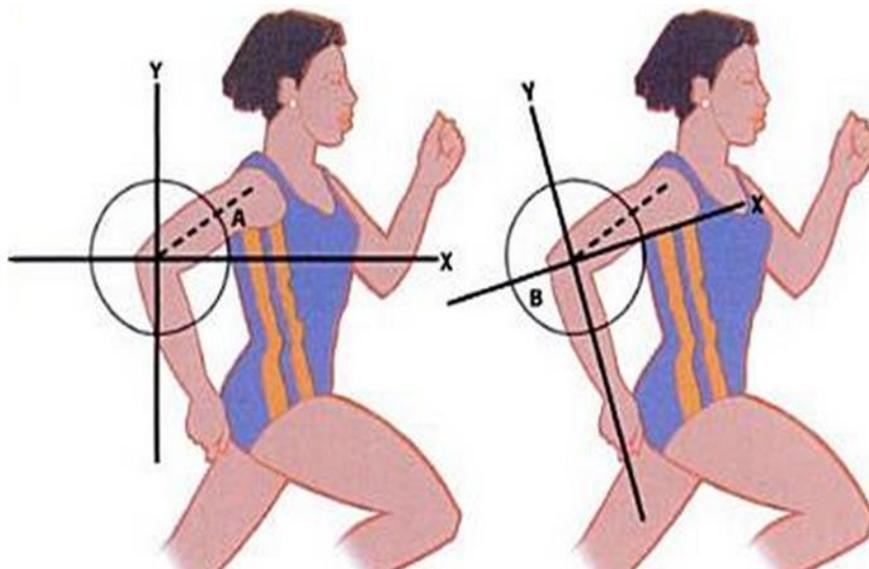


Figura 2.3. Retomada de Izquierdo (2008:18), la cita a pie: “Ejemplos de sistema de referencia absoluto y relativo. Un sistema de referencia absoluto mide el ángulo del segmento respecto a la articulación distal fija. Un sistema de referencia relativo mide el ángulo relativo formado por dos segmentos en movimiento. Según se tome uno u otro sistema de referencia las mediciones serán diferentes”.

De hecho, hay que tomar en cuenta que la planimetría fija o estática tiene mayor recurrencia en los modelos que analizan el desplazamiento del cuerpo en dos dimensiones, debido a que obtener los ángulos en relación a una horizontal fija es bastante sencillo. Sin embargo, al emplear un programa de diseño como AUTOCAD u otro, que posibilite reproducciones tridimensionales en un modelo cartesiano -a través de la composición por proyecciones de imágenes mediante la técnica de estereofotogrametría-, brinda mayor precisión a una planimetría relativa, debido a que se puede ubicar por coordenadas específicas cada segmento del cuerpo en el espacio (Fig.2.4).

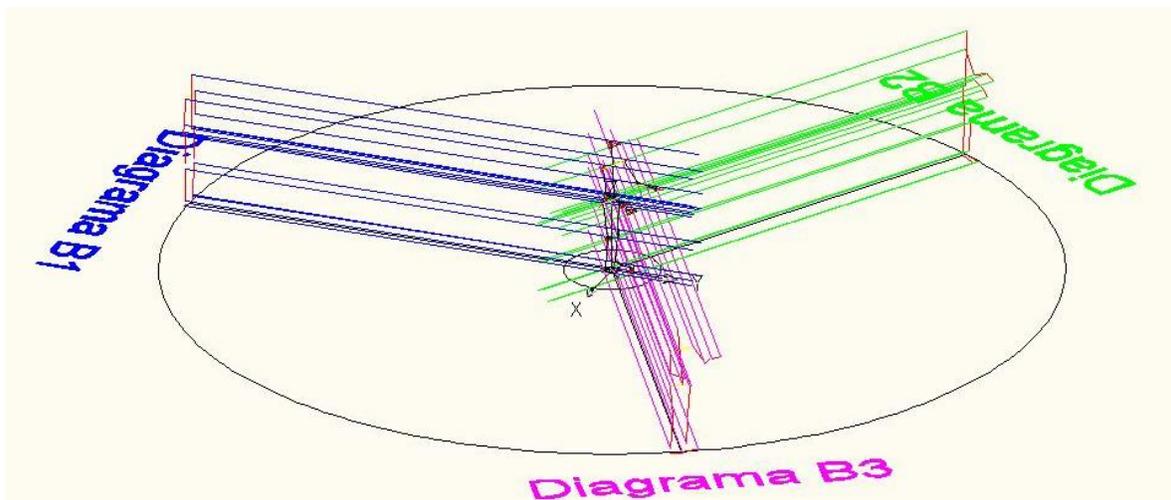


Figura 2.4. Al centro del esquema; reconstrucción tridimensional mediante proyecciones horizontales de tres diagramas, provenientes de fotogramas homólogos y complementarios. Posibilitando referir las tres coordenadas espaciales de cada segmento corporal (Fuente: Datos propios).

Dicho eso, permanece manifiesto que hay fenómenos que resulta evidente bajo qué sistema de referencia muestran conveniencia: Medir la dilatación pupilar implica establecer un sistema de referencia absoluto con un plano cartesiano originado desde el centro de la pupila -sin estereofotogrametría-, pero describir el impulso articular de la muñeca en un lance de clavos -con estereofotogrametría- encajará en un sistema de referencia que aflore la relación relativa entre los segmentos involucrados. Ambos criterios son antepuestos por utilidad:

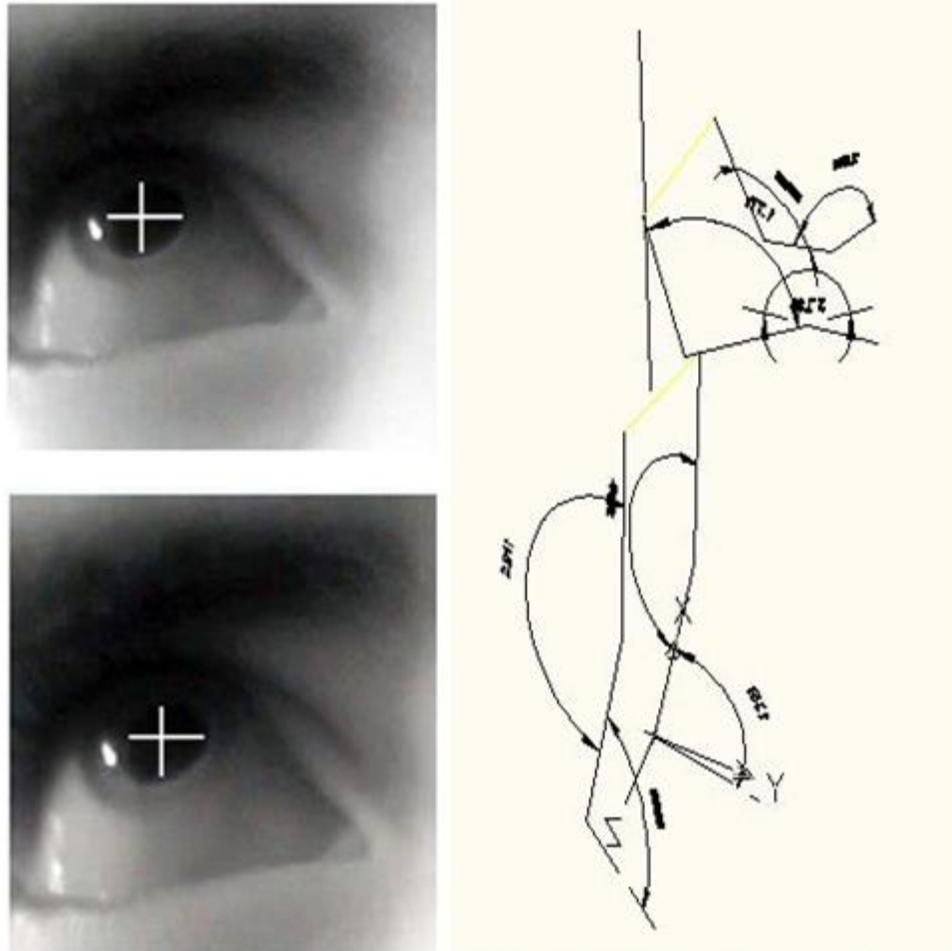


Figura 2.5. Ejemplificación con datos propios que modela: Elección de un sistema de referencia fijo para describir el comportamiento de la pupila en el lance de clavos y uno relativo que adecua relaciones entre segmentos asociados al impulso de muñeca.

a) Aspectos a profundizar sobre los sistemas de referencia

No deseo dar una cátedra sobre sistemas de referencia, pero hay algunas notas que me fueron muy ventajosas, y no puedo dejar de compartir por su relevancia:

El modelo de la ubicación relativa permite designar las coordenadas $X=0$, $Y=0$, $Z=0$, para cada punto articular (codo, muñeca, tobillo, etc.), donde cada articulación irradiará el origen del plano cartesiano. Esta simplificación facilita calcular arcos de desplazamiento articular, en valores angulares neutros.

En términos geométricos básicos; la reconstrucción o dibujo de un elemento tridimensional que *modele* a su referente real, debe reportar una escala de

proporción y orientar sus parámetros limitantes con la planimetría real del objeto, el piso no debe ser el techo, la izquierda no es la derecha, por ende las coordenadas no son efecto del azar, y contemplan movimientos bajo planos con valores positivos y negativos.

Los malabaristas no flotan sobre aire, el suelo actúa como un horizonte fijo que gradúa las futuras ubicaciones cartesianas para los otros dos planos. Lo que hace necesaria una planimetría absoluta a nivel de piso, para *reconstruir la localización* de los segmentos corporales de los malabaristas.

¿Por qué usar una planimetría relativa para medir el desplazamiento angular de las articulaciones?... la respuesta es sencilla: los aspectos que queremos reportar guardan independencia. Si bien, la ubicación “espacial” de los malabaristas en su tridimensionalidad, atañe a que estén parados sobre una línea que dicta “*coordenadas reales*” para su existencia objetiva de lateralidad y subordinación de superior e inferior, su misma reconstrucción tridimensional permite hacer inflexiones en los parámetros limitantes, uno de ellos es restablecer orígenes de coordenadas cero en cualquier punto.

Simplemente, algunos cálculos como la velocidad angular, que se formaliza por la diferencia de dos desplazamientos radianes entre el tiempo, encuentran especial complicación con la naturaleza de los signos negativos. Es mejor trabajar con amplitudes de arco neutras, por ende el posicionar coordenadas *a cero* en cada articulación a valorar es vital.

Otro detalle técnico es que todas nuestras articulaciones reportan ángulos relativos, porque son resultado adyacente de la unión entre segmentos móviles. Pero no es una contradicción el implementar planimetrías absolutas, repare en la mayoría de las ecuaciones que describen torques, por ejemplo.

La típica convención para dividir los ángulos en positivos y negativos por la orientación del vector, partiendo del principio reloj o la regla del pulgar, es muy útil en las simplificaciones bidimensionales, pero es conflictiva en un modelo tridimensional que realza la naturaleza poliaxial de las articulaciones.

Y reitero, que; la neutralidad impuesta entre los signos de las coordenadas que proyectan las líneas y dan origen a su respectivo arco, es una excelente opción para reducir conversiones innecesarias.

A mi parecer y por practicidad; la relación relativa entre dos segmentos corporales unidos por su articulación –y que generan una bóveda leída en radianes o grados-, deben de tener adscripción neutral en los signos que reporten la dimensión del arco, pero recalco que esto no es *estrictamente* necesario.

Entonces; primero se empleó un sistema de referencia fijo para la reconstrucción espacial del modelo corporal del malabarista, luego un sistema de referencia relativo para jugar con el origen de coordenadas a cero en cada articulación (Fig. 2.6).

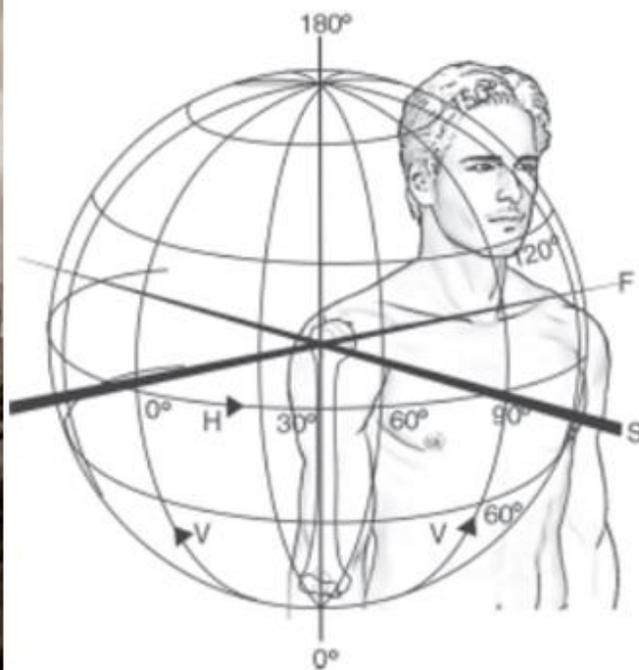


Fig.2.6. Arriba: “Arco de movimiento poliaxial y multiplanar de la articulación escapulohumeral derecha: los movimientos no se producen en planos y ejes aislados, sino que ocurren en múltiples ejes y planos del espacio a la vez”. (Taboadela, C. 2007:18).

En izquierda: Morris en simplificación fotogramétrica de cuadrantes bajo un sistema de referencia fijo (nivel de piso con un punto en cero), con coordenadas bidimensionales que reportan orientación positiva y negativa, construyendo una planimetría a escala real. (Fuente: Datos propios)

Si ha observado a detenimiento la figura citada en el párrafo superior, le pido imagine el hecho de que el desplazamiento angular de diferentes articulaciones compartiese una referencia fija (en este caso la del nivel de piso)...eso implica un brete con los signos en las coordenadas, que al momento del cálculo de la velocidad angular, emerge convirtiendo signos negativos en positivos. Nada que no pueda ser corregido pero que sin duda es más laborioso.

Sí me ha seguido hasta aquí, notará que he dejado de lado cualquier mención sobre la conducta ocular, obligado principalmente a no migrar de la naturaleza del enfoque estereofotogramétrico “fabuloso mundo tridimensional”. La valoración de este órgano únicamente la circunscribí al enriquecimiento técnico de algunos valores fotogramétricos; descripciones sencillas sobre dilatación pupilar, más adelante se detallará la causa.

Por ahora quiero cerrar, y decir que cada articulación a valorar en el desplazamiento del cuerpo irradiará el origen del plano cartesiano, como una táctica para obtener valores angulares absolutos. Y en los siguientes párrafos retornaremos sobre esta idea, al explicar porque la velocidad angular fue el eje de los cálculos y gráficos del estudio.

Realmente, la velocidad angular como estrategia para el análisis de técnica de lance activo entre los malabaristas a través del diseño estereofotogramétrico, es una excelente opción, porque al modelar sobre la amplitud de arcos en las diferentes articulaciones, sitúa el conflicto de las proporciones antropométricas en segundo plano. Explico:

En el registro de cédulas, se realizó una previa captura de datos métricos para toda dimensión del cuerpo de los malabaristas que resultará de interés para el estudio (entre estas, muchas longitudes). Pues bien, en esas medidas la distancia entre el midstylium a dactylium (palma de la mano), se reporta como extendida. Ahora, ese valor anotado en centímetros no corresponderá al trazado mediante la línea de unión tridimensional por el AUTOCAD. De hecho ese será el valor métrico más diferente entre fases de lance hacia el referente con la longitud reportada en

el registro de cédulas *¿por qué?*... la respuesta es sencilla: por el agarre de las clavos. Generalmente los lances parten de la empuñadura a una media flexión de palma. Una mano sosteniendo objetos en agarre prensil, evidentemente no permite trazar la una línea entre midstylium-dactylium.

Ese ejemplo, resultaría en un problema para efectuar ciertos cálculos, pero no representa ningún inconveniente para medir la velocidad angular. Dado que lo que importa es el arco de la articulación de la muñeca, simplemente se tiene que ubicar el midstylium y trazar una línea al nudillo del dedo medio o corazón, ese compas permite con mucha precisión conocer la amplitud del arco de la muñeca en determinada fase del lance.

Tendremos en ese sentido, una línea que se sobrepone con una coordenada inicial y final a un segmento del cuerpo (en este ejemplo: la mano), y la relación que guardará con la longitud real reportada para su mano extendida tendrá poca relevancia, porque lo que nos interesa medir es el desplazamiento de esa línea sucedido entre los fotogramas, mismos que corresponden a determinadas fases dentro del modelo de lanzamiento.

Al final el objetivo es hacer un comparativo entre la ejecución de cuatro malabaristas élites que se sustente en un único cálculo: la velocidad angular. Ésta tendrá a bien mostrar qué segmentos del cuerpo se trasladan reduciendo o ampliando su arco articular, coincidiendo o discrepando entre cada ejecutante al realizar la misma actividad.

La idea expuesta no es poco importante, dado que si uno logra determinar que modelo de lanzamiento es más eficiente entre los cuatro malabaristas estudiados, se puede migrar que desplazamientos articulares resultan más funcionales en el sentido mecánico, que no estético.

Así mismo, al evaluar la velocidad angular de ciertas articulaciones, estamos en camino a una reconstrucción de parámetros de desplazamientos, mismos que en últimos términos, representan un modelo de "enseñanza-aprendizaje" de la actividad valorada. La igualdad o distanciamiento entre estos modelos reconstruye

la forma en que cuatro malabaristas élites, interactúan con su circunstancial espacio al momento de realizar el mismo tipo de lanzamiento.

Hay que prestar atención a qué es un modelo comparativo del cual se tendrían que identificar y aislar muchas otras variables extrínsecas que manipularían el análisis; ser zurdo o diestro, que las clavas fuesen idénticas entre los cuatro malabaristas (iguales entre proporciones y masa), los controles ambientales al momento de medir la ejecución, entre otros más que evidentemente acotan las inferencias del presente estudio.

Otro detalle interesante, es que el fenómeno de la consecución de fases prioriza que todos realizan la misma actividad, pero apostilla que no se puede efectuar un comparativo entre sucesos no terminados. En un sentido estricto, podemos comparar los desplazamientos entre la fase del impulso y el lance de la primera clava, sin ningún problema matemático, pero para validarlo dentro de la correcta aproximación del estudio, requerimos que la captura del fenómeno a medir *-en este caso el lanzamiento activo-*, comprenda todas las fases y se compruebe la correspondencia de las mismas entre los cuatro malabaristas.

Sobre el uso de signos, queda agendar que el valor del arco articular reportado en radianes o ángulos se reportará neutral. La lectura del desplazamiento a través de la velocidad angular será la que identifique si ocurrirá una reducción o ampliación del arco articular. Y justo aquí, la identificación de dichos valores adquirirá un signo negativo (-) si ocurrió una reducción, y se omitirá el uso del signo positivo (+), cuando el movimiento indicase que aconteció una ampliación del arco articular en relación a la fase anterior dentro del modelo del lance activo.

b) Notas determinantes sobre planimetría:

Si considerará que esta aproximación puede ser útil para otro estudio, recuerde que al reconstruir un modelo de cuerpo tridimensional con estereofotogrametría, el nivel de piso actúa como un horizonte fijo, graduando futuras ubicaciones cartesianas para los otros dos planos. De hecho, sería como tomar una planimetría absoluta a nivel de piso *-el malabarista al estar sobre esta línea,*

dictaría su ubicación mediante estas “coordenadas reales”-. Como no se desea que todo desplazamiento angular reportado por las diferentes articulaciones comparta una referencia fija (reportando así valores angulares relativos), la estereofotogrametría permite designar otras coordenadas como punto origen (0,0,0), esto da la impresión de implementar planimetrías relativas –*aspecto que técnicamente es correcto, y útil*-, pero conviene decir que esta acción no ocurrirá al revés: partiendo de una planimetría relativa no se puede migrar a un sistema de coordenadas reales bajo una planimetría absoluta, pretendiendo que se obtendrán valores reales del posicionamiento del cuerpo.

Esto es muy importante, cuando aquí se dice que se migra el sistema de coordenadas (0,0,0) a cualquier punto cartográfico, se está anteponiendo que previamente se conoce el valor de ese punto cartográfico en las dimensiones de X, Y, Z. Espacialmente conocemos la ubicación de nuestro modelo corporal, y posteriormente decidimos que el punto que da origen a determinada articulación engendrará un sistema (0,0,0), porque eso nos facilitará una medición de arcos en radianes o ángulos neutros. La interpretación de los resultados evidenciará dicha aproximación, de ahí la relevancia.

Ya expuesta la ambivalencia entre los sistemas de referencia, queda abordar el tópico de los planos anatómicos, estos segmentan el cuerpo desde vistas; *anteriores-posteriores (coronal), superiores-inferiores (transversal), laterales (sagital)*, cimentados a partir de la “posición neutra del cuerpo”.

Debido a que estos dan sentido a las referencias; extensión-flexión, abducción-aducción, o rotaciones como pronación-supinación, son principios disectores claramente útiles como glosarios técnicos para referir ubicaciones, sin embargo su lectura requiere anotaciones.

En realidad:

“..las superficies articulares no son planas, los movimientos de las distintas articulaciones se producen alrededor de muchos ejes y planos a la vez, constituyendo movimientos poliaxiales y multiplanares. Por lo tanto, el concepto

triplanar-triaxial es una abstracción creada para poder medir los movimientos con una metodología estandarizada.” (Taboadela, 2007:17-18).

En ese mismo apartado, Taboadela menciona que esta abstracción falaz se emplea debido a que es difícil contar con las herramientas para medir los movimientos en su lectura poliaxial real. Entonces el dilema es la herramienta que se usa para obtener los datos, porque nuestros movimientos son multiplanares.

La primera función discriminante es la naturaleza de nuestros datos. Así señalo que: el implementar una composición tridimensional mediante estereofotogrametría, posibilita usar cualquier plano anatómico. Puesto que el conocer la ubicación espacial de un punto articular (codo, muñeca, tobillo, rodilla, etc.) en los planos X, Y, Z, deriva en poder medir las aberturas angulares desde cualquier principio disector, a la par que permite leerlos desde su específica proyección como “esferas”.

Si tiene problemas con este concepto, imagine que desde un plano transversal corta una naranja por la mitad; observe que desde una vista superior se mira dividida por gajos –*a manera de líneas blancas que nacen a partir del centro*–, si yo le pidiera que midiera la abertura angular de un determinado gajo, usted tomaría un transportador ubicándolo en el origen de la circunferencia, obteniendo el valor requerido. Ahora, ese ángulo responde a principios técnicamente válidos bajo una única planimetría.

Por otro lado si usted toma otra naranja y le retira la cáscara, encontrará que los gajos son como cápsulas, que van de un origen de inserción superior a uno inferior, y que la consecución en la inserción de los gajos conforma una esfera. Si le planteara obtener el ángulo completo de un gajo, usted requeriría ubicar las líneas internas del gajo –*piense en éstas como dos paredes que separan esa cápsula/gajo de las demás*–...sin desprender el gajo de la esfera, es improbable que pueda ubicar el transportador en las dos líneas internas y medir el ángulo.

Sin embargo sí reconstruyese bajo un plano cartesiano tridimensional la arquitectura de la toda la naranja (externa e internamente), conseguiría efectuar

cualquier valoración métrica, migrando entre las planimetrías que deseé. Podría, revalorar el ángulo que obtuvo en el primer ejercicio al cortar la naranja y comprobarlo.

Esto aparta la importancia de elegir una única planimetría anatómica basada en un plano corporal específico. Lógicamente con un cuerpo modelado con ubicación cartesiana tridimensional, puedes hacer la exploración desde un plano sagital, transversal o frontal, postura insostenible con un análisis bidimensional preestablecido. Al agrupar lo antes expuesto a este estudio, queda:

- ❖ Bajo sentido de desplazamiento; si se conocen las coordenadas espaciales específicas de los segmentos a medir, la planimetría relativa resulta ser una buena elección para precisar un cambio en la posición angular. Y en nuestro enfoque es la mejor opción para representar dos gestos motores (muñequero, posicionamiento del cuerpo), a través de lo que denominamos las articulaciones claves (codo, muñeca, rodilla y tobillo). Estas darán la información necesaria para describir aspectos de técnica, a través de la comparación entre sus pares.
- ❖ El modelo tridimensional del cuerpo quita limitantes al momento de leer el cuerpo bajo planimetrías anatómicas, debido a que posibilita migrar de una a otra rápidamente. Decidir cuál emplear, de nuevo depende del enfoque.
- ❖ La descripción de la conducta ocular *-que es la base para analizar el tercer gesto motor-* se sujeta a usar una planimetría absoluta. Además, su interpretación es de índole más cualitativa, debido a que como órgano su movimiento tiene ciertos márgenes, que bajo la técnica fotogramétrica se traducen en emplear una relación básica *-que evidentemente es reduccionista, pero loable-*.

Aquí, se eligió que la abertura angular de codo, muñeca, rodilla y tobillo fuesen leídas bajo su propio eje de rotación. Así, la planimetría de proyección específica, se reduce a la relación entre dos segmentos que proceden de un mismo vértice – *articulación-*, cual al conocer todas sus coordenadas en el espacio, semeja una posición absoluta y formula dos ángulos posibles y complementarios.

Al comparar los ángulos de las articulaciones claves en distintos momentos dentro de la secuencia del lance activo, emerge la posibilidad de medir “*el cambio en la posición angular absoluta, experimentado por la rotación de una línea*” (McGuinnis, 2013:168), definición exacta del desplazamiento angular, eje central de este trabajo.

c) Elementales teórico-metodológicos del estudio.

Si recuerda, en la definición del lance activo como tipología para elegir a los cuatro malabaristas élités, se estableció que tres segundos era el valor promedio para realizar ocho lances y cinco recepciones. Propiedad que establece una coordinación ojo mano muy superior a la de cualquier sujeto promedio.

El valor mencionado responde al conocimiento empírico de los malabaristas, no es un dato imaginado. El principio, que ellos usan es saber la cantidad de giros que da una clava en el aire, bajo una relación del impulso de muñeca y la altura o alcance de cruce fijo por el cénit que atraviesa cada clava (fuente: Datos etnográficos propios).

La primera respuesta del estudio se encontrará al mirar los vídeos con detenimiento, y contrastar la información etnográfica. El posicionamiento del cuerpo será lo primero que llamará nuestra atención. ¿Cuál es la postura que adopta el cuerpo al iniciar, ejecutar, y terminar el lance activo?

Para facilitar al lector imaginar esto, conviene tratar de visualizar ejecutantes con posturas de encorvamiento de la columna, dibujándolos jorobados o en caso opuesto como cadetes militares en posición erguida y firme. Esto es importante.

Así, la primera validación que tendremos es que el lanzamiento cascada de cinco clavas, podría acontecer con un posicionamiento del cuerpo “parecido” o “diferente” entre los ejecutantes. De hecho esta valoración visual, acontece evidente para el ojo entrenado que sabe valorar el desempeño de un malabarista, sin embargo la comprobación de manera analítica se desprende de la reconstrucción tridimensional mediante la estereofotogrametría.

Sobre estas notas, concretamos que lo primero al hacer la composición tridimensional, será conocer el posicionamiento de todos los segmentos del cuerpo. Bajo esta idea verificaremos si hay una postura común o no. Aspecto que se relaciona íntimamente con las técnicas de aprendizaje en el lance de objetos.

Podemos asegurar que el objetivo de la composición tridimensional de nuestros malabaristas élite, radica en medir el desplazamiento de sus segmentos, y que inmersos en un comparativo de técnicas, la velocidad angular nos permitirá conocer a detalle el comportamiento de las articulaciones involucradas en el lance de las clavas. Determinar si las constantes son las reducciones o ampliaciones de arcos en el lance-recepción de objetos, es el primer paso para interpretar la eficiencia en un modelo de desplazamiento.

Sobre el rastreo ocular, solo se puede concretar una valoración sencilla: demostrar si la mirada es fija o si la pupila se desplaza siguiendo los objetos lanzados (movimientos oculares sacádicos). Para dicha valoración no se requiere mayor tecnología que un casco con una videocámara que grabe en infrarrojo los ojos.

Aquí hay que sentenciar que los ojos son órganos que complican un acercamiento tan sólido como la estereofogrametría. Por lo que su análisis se debe circunscribir a hablar de conducta ocular. No se va reconstruir ningún modelo de desplazamiento, solo se describirán movimientos pupilares, mediante la captura de vídeo infrarrojo, que posteriormente descompondremos en fotogramas. Apuntillando que es un acercamiento innovador pero muy complicado de valorar, y más con un marco técnico “casero”, porque la recreación tecnológica del aparato de rastreo ocular o EyeTracking fue “casera”, siguiendo las pautas del artículo: *“How to build low cost eye tracking glasses for head mounted system”*, del polaco Michał Kowalik.

Conviene decir que el hablar de aparatos de rastreo ocular (*Eye-Tracking*), agrupa una gran diversidad de aparatos. La mayoría costosos y algunos de software patente para el vaciado de datos. En este caso se elaboró una modesta reproducción del presentado por Kowalik en 2010, el cual se montó en un casco

de seguridad industrial, al que se le colocó una barra de metal que descendía y se unía a unos aros laterales, situados en la circunferencia del casco a la altura de las orejas. La barra de metal sirvió para colocar la videocámara infrarroja justo a un aproximado de diez centímetros del prostión.

La idea era que la videocámara no interfiera “directamente” con la visión del ejecutante. La propuesta inicial era situarla a la altura de la glabella, con un ángulo frontal para la captura de la conducta ocular de ambos ojos, esto no funciono. Después pasamos al nasion, y los enfoques fueron peores. Al final, se optó por bajar la barra de metal y poner la videocámara con la apertura del lente *contrapicado*, esto ofreció una grabación desde una perspectiva visual superior o de angulación oblicua.

Evidentemente la captura parecía un fracaso de diseño. El reto de redimensionar y reconstruir el desplazamiento cartesiano, era por demás complicado y lejano. En parte por esos retos, ese gesto motor estuvo por desaparecer del estudio. Al final solo un malabarista integró la valoración del rastreo ocular. Pero los resultados de la conducta ocular fueron tan sorprendentes e interesantes, que se decidió integrar al estudio.

Se discutió que la valoración de la mirada al momento ejecutar diversas actividades deportivas, representa un campo muy enredado para las aproximaciones biomecánicas, pero la información que brinda resulta inmejorable para los estudios que abordan la adquisición de técnicas sobre diferentes aprendizajes motores. Recordemos que somos primates visuales que imitan y reproducen modelos cinestésico corporales.

Al final la incorporación de todo el estudio es pionera, y no parece desentonar con el interés integrador del mismo.

d) Velocidad angular

Sí reparó sobre lo antes expuesto, encontrará que en términos tecnológicos, la simplificación de un movimiento muchas veces se traslada a un sistema de imágenes como un resuelto estático que captura en momentos individuales una expresión continúa, esto es porque:

“Todas las variables biomecánicas son variables en el tiempo, y no importa si la medición es cinética, cinemática, o EMG –electromiográfica-; se debe de procesar como cualquier otra señal. Algunas de estas variables son directamente medidas; aceleración y señales de fuerza de los transductores o EMG de los bioamplificadores. Otras son producto de nuestro análisis: momento de fuerza, reacción articular de fuerza, energía mecánica y potencia”. (Winter, 2009:14).

La alusión al término “señal” que David Winter emplea en la cita anterior resulta de su formación en ingeniería electrónica, pero su idea es útil para simplificar la (auto) correlación de momento en el desplazamiento a través del tiempo, así:

“La autocorrelación analiza qué tan bien una señal se correlaciona consigo misma, entre el momento presente y los puntos pasados y futuros en el tiempo. Los análisis de correlación cruzada evalúan qué tan bien una señal dada se correlaciona con otra señal anterior, presente y futura en el tiempo. Estamos familiarizados con la estadística de la correlación de Pearson...” (Winter, 2009:15)

Si lo delineamos como analogía, la función estadística de analizar la composición de momento descrito en dos variables relacionadas (bajo función del tiempo), pretende describir cómo el incremento en una de las variables genera el aumento o disminución en la otra, el meollo es que la similitud entre dos señales se puede describir si se delimita y conoce el tiempo, esto es lo que posibilita la lectura de curvas en un electromiograma, que no deja de ser la manifestación de una medida de movimiento.

Debido a que la propuesta de este estudio es cuantificar ciertos desplazamientos físicos inscritos en sofisticados movimientos que surgen del control motor presente en cuatro malabaristas élite –como ya se mencionó, dichos desplazamientos

físicos pueden ser leídos bajo el sistema de referencia relativo y medidos como absolutos para el posicionamiento del cuerpo aplicando la estereofotogrametría y bajo una planimetría fija para describir el comportamiento de la mirada–, la interrogante aquí es lograr definir la duración de los movimientos, suscribiéndolos bajo función del tiempo.

La expresión de dichos movimientos está limitada por una tipología previa: El “*lance activo*” con cinco clavav efectuado durante una rotación y media (ocho lances y cinco recepciones), será el contenido de la expresión medida en el tiempo. Por lo que cada malabarista élite tendrá su propia referencia de tiempo y obtener este valor para cada uno será un posible referente en futuros estudios.

Es condición que ningún elemento debe caer al suelo para considerar la ejecución como válida, y subrayar la presencia de un criterio inclusivo para la variedad de las clavav elegidas: Es flagrante que cada malabarista élite cuenta con una variedad de objetos con los que realiza su rutina, y en el grupo de los mazos o clavav también existe una diversidad de formas, volúmenes, densidades y dimensiones asociadas a cierta funcionalidad y al tamaño de los ejecutantes, por lo que exigir que se use “exactamente” la misma marca de clavav es algo ilusorio, compete solo mencionar que para el estudio sus tipos son semejantes.

Asimismo, y ya con justificación de empleo aludo que nunca hay que perder de foco que cada malabarista posee un rango de variabilidad sobre su ejecución motora, por lo que toda medición efectuada para describir su movimiento tendría mayor valor si existiese la posibilidad de hacer estudios de seguimiento, esto entre otros beneficios invitaría a homogenizar sus valores a través de una media estadística. Independiente a esto, no existe titubeo de su *consistencia* como ejecutantes de alto rendimiento, debido a que ésta es un factor clave para que continúen bajo contrato en su trabajo.

Hemos llegado al tema central del trabajo: la eficiencia motora en la ejecución de un movimiento. Tema que por demás es un campo fértil y lleno de interrogantes, en el que una de sus grandes máximas es; sí quieres mejorar el desempeño de un movimiento estudia su técnica de ejecución.

La biomecánica es la mejor herramienta para describir las técnicas corporales bajo ciertos estándares replicables, medibles y precisos. En este caso lo que más interesa es la velocidad en la ejecución de los lances. Y corroborar si existen patrones homogéneos o heterogéneos en cuanto al desplazamiento corporal entre los cuatro malabaristas élite.

Para el modelo de análisis corporal usaremos la fórmula de la velocidad angular:

$$\begin{aligned} \bar{\omega} &= \text{Velocidad angular promedio} \\ \Delta\theta &= \text{Desplazamiento angular} \\ \Delta t &= \text{Tiempo} \\ \theta_f &= \text{Posición angular final} \\ \theta_i &= \text{Posición angular inicial} \end{aligned} \quad \bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_f - \theta_i}{\Delta t}$$

Aspecto por demás apasionante debido a que muchos deportes guardan un razonamiento lógico en su operatividad. El golf, es un gran ejemplo donde bajo preceptos básicos de cinemática, se explica como el posicionamiento del cuerpo y la ubicación de nuestras extremidades afecta el swing para golpear la bola, el famoso doble péndulo (Milburn, 1982., Sanders y Owens, 1992), que repercute en la potencia de un lanzamiento, además de evidenciar como la apropiación de dicha técnica refleja el golpe entre ejecutantes élites y novatos.

El libro de McGuinnis que ya he citado con anterioridad, y que por mucho fue mi libro de texto favorito en cuanto a mis aproximaciones hacía la biomecánica, narra una reseña que me encanta; El refinamiento de la técnica en natación desentrañado por Ronald Brown y James Counsilman en 1971, quienes encuentran que las fuerzas de elevación que actúan en la mano, mientras ésta se mueve a través del agua, son más sustanciales para el impulso del nadador de lo

que se pensaba. Por lo que tirar la mano en línea recta hacia atrás a través del agua para producir una fuerza de arrastre de propulsión, puede optimizar sí el nadador mueve su mano hacia atrás y hacia delante *-en un movimiento de barrido-*, esto capta la fuerza de arrastre de propulsión y la fuerza de elevación de propulsión. Técnica que actualmente es impartida por profesores y entrenadores de natación en todo el mundo.

Al contrastar el desplazamiento articular en sujetos que realizan una misma actividad, puede ocurrir que encontremos una variedad en las formas de ejecución, pero al elegir a los que lo hacen mejor suponemos una homogeneidad en sus movimientos espaciales. En ese sentido, si todos reproducen una técnica semejante, se vincula que el contexto del modelo de enseñanza-aprendizaje, en este caso el circo, transmite un conocimiento cinético corporal específico.

Existe el caso opuesto, donde los modelos corporales cinestésicos entre los cuatro malabaristas serían diferentes y singulares en el rastreo de sus desplazamientos. Eso se interpretaría como una ejecución de técnicas heterogéneas, y apuntalaría hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de contextos asimétricos.

Para calcular la velocidad angular, requerimos conocer los desplazamientos articulares en radianes. Estos derivan del conocimiento previo de las ubicaciones espaciales de los segmentos corporales. Ambos ingredientes, son los que desentrañarán el modelo de enseñanza-aprendizaje, al contrastar las técnicas que poseen los malabaristas. Y eso da otra justificación para obtener la velocidad angular.

Desde luego, que hay otras valoraciones para abordar un comparativo entre las técnicas cinético corporales de la actividad física. Pero se eligió la velocidad angular, y tratar de explicar y considerar cada aspecto direccional hacia una postura más consciente y flexible, donde las contextualizaciones históricas nos hacen humildes:

“El programa de la explicación mecánica de la naturaleza propuesto por la física clásica no pudo llegar a feliz término. Los problemas encontrados durante el siglo XIX con respecto a la óptica y el electromagnetismo, junto con la imposibilidad por elaborar una comprobación experimental de la teoría del éter, fueron los elementos directamente responsables de la bancarrota de la explicación mecanicista; a la vez que, de manera lateral, dieron origen a algunas condiciones favorables para el establecimiento de criterios epistemológicos diferentes para la ciencia física, tales como elementos de explicación estadísticos” (Guillaumin, 1993:4).

La referencia va encaminada a subrayar que las limitantes existen en todo campo científico, pero al dimensionar sus alcances bajo ciertos supuestos acertamos su utilidad, eficacia y permanencia. Argüir dislates en los artilugios estadísticos o excepciones en la aplicación de las leyes del movimiento no cancela sus fructíferas aplicaciones.

Y señalar que la velocidad angular fue una elección particular, porque los datos de este estudio permiten hacer una infinidad de cálculos. Pero cada modelo traslada la investigación a distintos terrenos, y adecua futuras articulaciones que pueden resultar en descubrimientos que trascienden en nuestra comprensión como humanos. Siendo conscientes de esto, queda abierta la posibilidad de usar los datos que arroja este estudio, para posteriores análisis de aspectos mesurables en la ejecución de movimientos asociados a un tipo de malabarismo específico (lance activo), siempre y cuando se respete que se construyó sobre los gestos motores de muñequero y posicionamiento del cuerpo, como los elementos claves, dentro de lo que se tipificó como el perfil del principio dinámico 1, aplicable sólo en clavos.

Invito al lector a investigar, con ánimo descubrirá las peculiaridades que este estudio propone, y su relevancia para la antropología física aplicada a los enfoques de enseñanza deportiva.

2.3. Gestos Motores

El concepto de gesto motor como “una acción motora segmentaria y coordinada” (Hernández: 1987), es pertinente para analizar los componentes de movimiento desde el punto de vista biomecánico. La practica de los malabares como una forma de actividad física puede describirse a través de la elección de diferentes gestos motores, debido a que la agrupación de los movimientos está vinculada al interés particular de lo que se desee evaluar, para éste caso lo que nos interesa es identificar el proceso de especialización de las habilidades motoras para lograr el perfil del malabarista élite mediante el entrenamiento. De esta forma el estudio se enfoca en la descripción del muñequero, visión estereoscópica y posicionamiento del cuerpo, como tres gestos motores que se consideran medulares para el malabarista élite.

a) Gesto motor de muñequero

En primer término el movimiento que posibilita el lance activo de los objetos ocurre gracias al impulso de la muñeca, la cual como estructura anatómica está conformada por ocho huesos carpianos (trapezio, trapezoide, grande, ganchoso, pisiforme, piramidal, semilunar, escafoides), el cúbito y la apófisis estiloides del radio.

La articulación radiocarpiana forma el columpio móvil de la muñeca y dentro del lance activo con clavav presenta una notoria importancia por el movimiento de aducción-abducción al generar propulsión al aplicar fuerza en la pasada cubital (abducción) - radial (aducción), debido a que la cubital genera la resistencia al posicionarse en un eje cartesiano que la direcciona al piso/abajo y la radial proporciona el impulso de envío por los aires porque su eje cartesiano lo direcciona al techo/arriba. De esta forma la cuantificación del gesto motor de lance a través del muñequero puede ser valorada de acuerdo a un trazado de los ángulos que describen la secuencia de su recorrido.

En condiciones normales existen tres tipos de movimientos articulares; dos de naturaleza sinovial plana correspondiente a los intercarpianos e

intermetacarpianos (excepto para la articulación carpometarcarpiana del pulgar, que es articulación sinovial en silla de montar) siendo el deslizamiento el movimiento más común, y una articulación sinovial condílea que corresponde a la radiocarpiana que permite los movimientos de flexión-extensión, circunducción y aducción-abducción, éste último es el referente medular para evaluar el gesto motor de muñequero en los malabaristas de élite.

Hay una nota que conviene mencionar aquí: El aprendizaje motor del lanzamiento de objetos por mano y muñeca está ligado con una dominancia de lateralidad, la vivencia de ser zurdo, diestro o ambidiestro, tiene una incidencia en la forma de ejecución; imaginemos el jab de los boxeadores, el saque y recepción en tenis o las guardias de esgrima, por mencionar aspectos donde residen las influencias del estilo de apropiación y especialización motriz que indican variedad en formas y métodos.

Ahora para este estudio no es desacertado decir que construir alrededor de la lateralización es inicialmente irreflexivo, debido a que la definición del gesto motor de muñequero en nuestra tipología de malabarista élite incluye analizar a ambas muñecas bajo primigenia equidad, solo posterior a dicho supuesto será posibilitado hacer uso de otro modelo.

En los malabaristas élite la forma en la que distribuyen los objetos en cada mano así como la forma de empuñarlos previo a su lance, evidencia una subordinación de una muñeca sobre la otra, aspecto que está ligado con su aprendizaje por dominancia de lateralidad; *“una mano marca el tiempo y la otra concadena un seguimiento acompasado impuesto”* (Fuente: Datos etnográficos propios)

Ahora sí es tiempo de regresar a los componentes anatómicos: la articulación descrita realiza las funciones semejantes a las palancas en una máquina pero sus acciones se posibilitan gracias a los grupos musculares, tendones y ligamentos que permiten completar la acción de cualquier gesto motor y que por sí solos podrían representar un problema de estudio. Por lo que a continuación se describen los componentes de la articulación de la muñeca en un cuadro resumen:

	Articulación de la muñeca (radiocarpiana)	Articulaciones del carpo (intercarpianas)	Articulaciones carpometacarpianas e intermetacarpianas
TIPO	Articulación sinovial condílea	Articulación sinovial de tipo plana	Articulaciones sinoviales del tipo plano, excepto para la articulación carpometacarpiana del pulgar, que es articulación sinovial en silla de montar
ARTICULACIÓN	El extremo distal del radio y su disco articular se articulan con la hilera proximal de los huesos del carpo con excepción del pisiforme	Entre los huesos del carpo de la hilera proximal. Las articulaciones entre la hilera distal de los huesos del carpo. La articulación mediocarpiana es la hilera sinovial entre la articulación proximal y la hilera distal de los huesos del carpo. La articulación pisiforme es la articulación sinovial entre el pisiforme y el piramidal	Los huesos del carpo y metacarpianos se articulan entre sí al igual que los metacarpianos la articulación carpometacarpiana del pulgar es entre el trapecio y la base del primer metacarpiano.
CAPSULA ARTICULAR	La capsula fibrosa rodea la articulación y se inserta en los extremos distales del radio y el cúbito y en la hilera proximal de los huesos del carpo	La capsula fibrosa rodea las articulaciones, la articulación pisiforme está separada de las otras articulaciones del carpo	La capsula fibrosa rodea las articulaciones
LIGAMENTOS	Los ligamentos anterior y posterior refuerzan la capsula fibrosa; el ligamento cubital del carpo se inserta en la apófisis estiloides del cúbito y el piramidal; el ligamento colateral radial se inserta en la apófisis estiloides del radio y el escafoides	Los huesos del carpo están unidos por ligamentos anterior, posterior e interóseo	Los huesos están unidos por los ligamentos anterior, posterior, e interóseo
MOVIMIENTO	Flexión-Extensión, aducción-abducción y circunducción	Es posible una pequeña cantidad de movimiento de deslizamiento; la flexión y la abducción de la mano ocurren en la articulación mediocarpiana	Flexión-extensión y abducción-aducción de la articulación metacarpiana del primer dedo; no ocurren casi ningún movimiento en los dedos 2 y 3, el cuarto dedo es ligeramente móvil y el quinto dedo es muy móvil
IRRIGACIÓN	Arcos dorsal y palmar del carpo	Arcos dorsal y palmar del carpo	Las arterias metacarpianas dorsales y palmares de los arcos profundo del carpo y el palmar profundo

Inervación: Todas estas articulaciones están inervadas por la rama interósea anterior del nervio mediano, la rama interósea posterior del nervio radial y las ramas profundas del nervio cubital

Fig. 2.7. Cuadro retomado del libro de Moore K. Dalley A. 2003:491.

Para analizar el movimiento articular radio-cubital de manera sencilla se puede hacer una medición directa a través del goniómetro universal que funciona graduando ángulos de movimiento a manera de compas y que por nomenclatura clínica basa su posicionamiento en el cero neutro⁴ que para la muñeca se establece con la línea media (ángulo 0°) en el dedo medio, como se muestra en la figura 2.8.

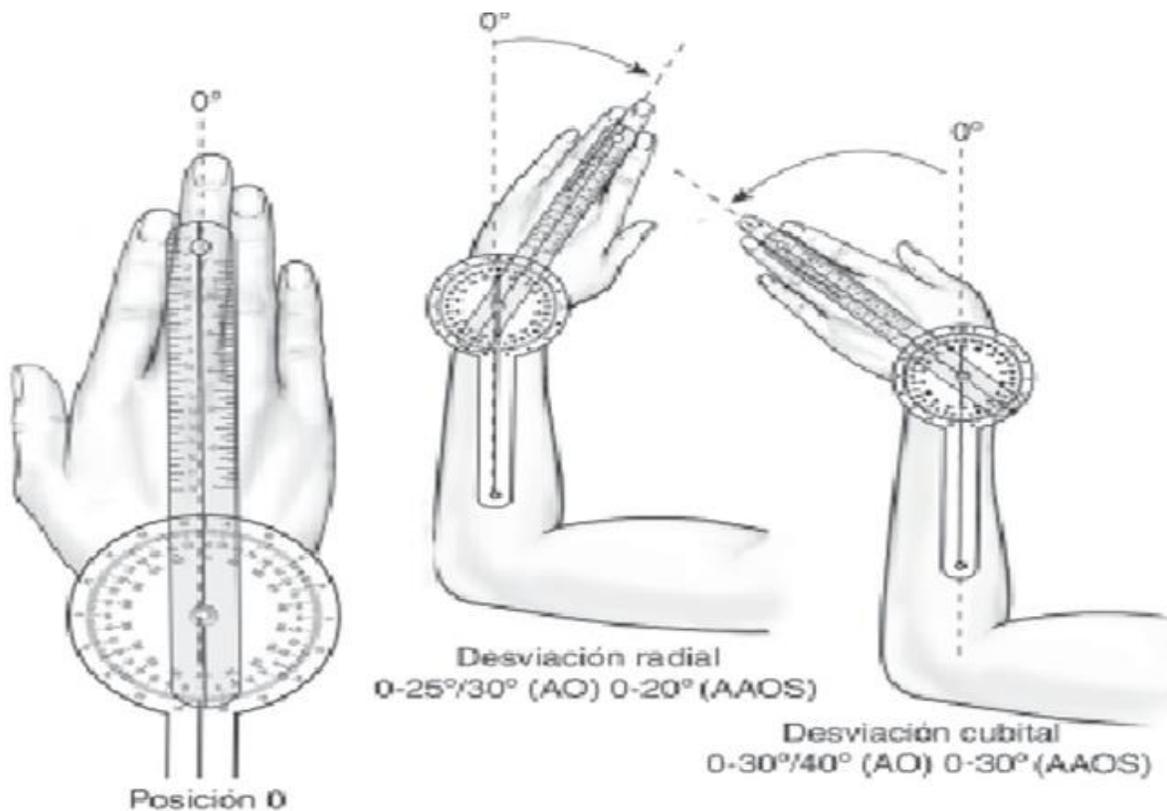


Fig. 2.8. Desviación radial y cubital de la muñeca a partir de la posición 0. (Taboadela C, 2007:75).

⁴ “Las bases del método del cero neutro fueron originalmente publicadas en los EE.UU. por Silver en 1923. Posteriormente, Cave y Roberts en 1935 lo publicaron por primera vez con ese nombre. En 1965 el Comité para el estudio de la movilidad articular de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos (AAOS: American Academy of Orthopaedic Surgeons) publicó el libro Método de medición y registro del movimiento articular, donde se estableció una técnica estándar de medición de ángulos basada en el método de Cave y Roberts. Luego, en 1994, la AAOS publicó el libro de Greene y Heckman, Evaluación clínica del movimiento articular, que actualizó y perfeccionó el libro publicado en 1965” (Taboadela, C. 2007:38)

Partiendo de este principio de mensurabilidad articular se puede aplicar una técnica de medición indirecta que pueda acercarnos a valorar el gesto motor de manera más funcional, debido a que no es factible colocar un goniómetro universal para medir los ángulos en el momento que el malabarista de élite realiza la rotación de las clavas se eligió emplear la grabación en vídeo de dicha acción y luego aplicar la aproximación con programas como el software AutoCad versión 2010 que permite hacer la reconstrucción del movimiento por ángulos.

Ajusto precisar que el gesto motor del muñequero es suma evidente de una focalización de impulso devenido de la cápsula articular del codo (a su vez compuesta por tres líneas articulares; la humero-radial, humero-cubital y radio-cubital) y la articulación glenohumeral multiaxial, sin deponer mención que la capacidad prensil de manos y dedos permiten la manipulación de los elementos que se lanzan (en especial al aumentar la cantidad), lo que se estipula conforma una valoración compuesta, pero el fin de forma electiva es especificar que la técnica del malabarista élite se sustenta primariamente en el dominio del muñequero, a causa de la especialización del mismo la coordinación ojo mano es evidenciada (Fuente: Datos etnográficos propios).

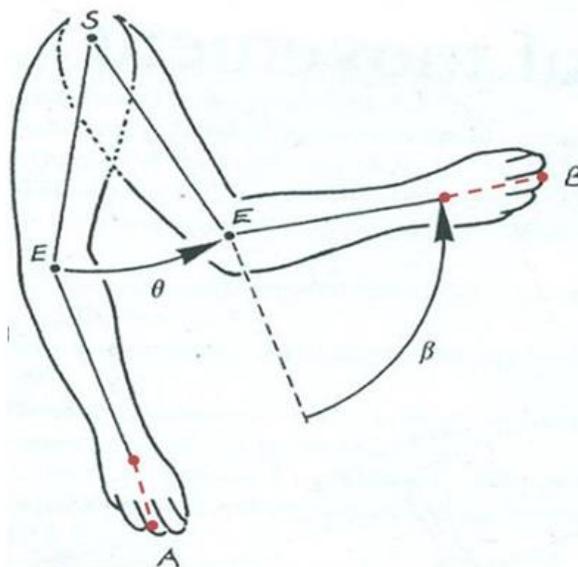


Fig. 2.9 La composición del gesto motor de lance. La línea punteada en rojo señala el segmento del muñequero, considerado dentro de un advenimiento articular (Imagen editada del movimiento angular del brazo en Watkins, 2000:108)

Sobre la importancia de mano y dedos en el lance, se señala que:

“Las clavas son objetos que inicialmente requieren mayor técnica, porque requieren de una vuelta completa y dependen de un mayor esfuerzo de las articulaciones para movimientos de gran precisión. Los puños controlan el giro de las clavas, la cantidad y fuerza, además de la dirección de la clava” (Santos, 2010:50).

Continúa en referencia a la importancia del antebrazo:

“Antebrazos: Controlan la altura en que se juega la clava, a mayor fuerza utilizada en el antebrazo, mayor altura de alcance en la clava. Por ejemplo: Podemos jugar una clava muy alta con sólo un giro, obteniendo así gran control de altura y giros, regulado por movimientos en los antebrazos” (Santos, 2010:50).

Lo que sin duda genera una diferencia en la manipulación de los lances es el dominio de técnica para incorporación de objetos, en las clavas existe una variabilidad de agarre prensil para incrementar cantidad, de hecho objetos como los aros demandan una predisposición de técnica sobre su entrenamiento:

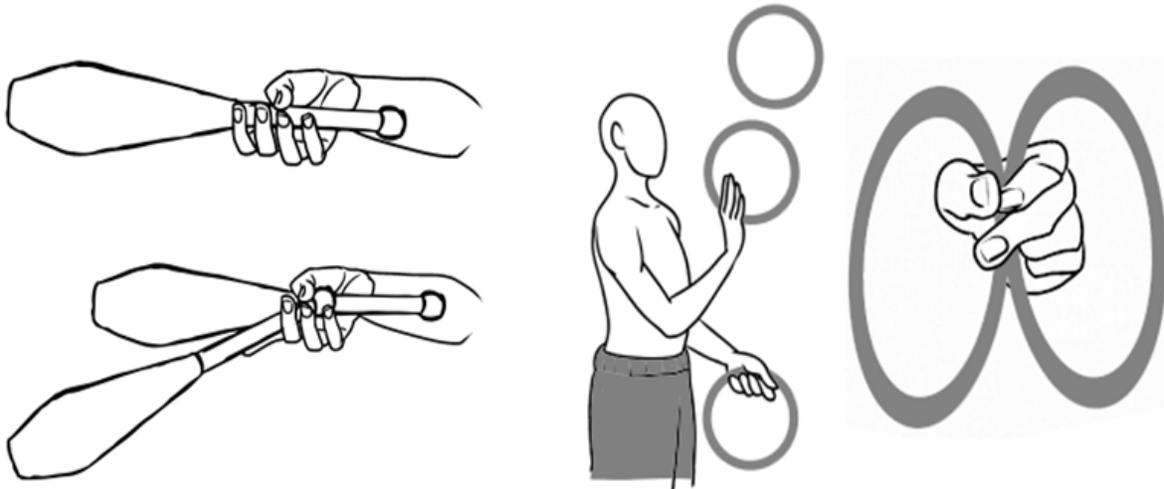


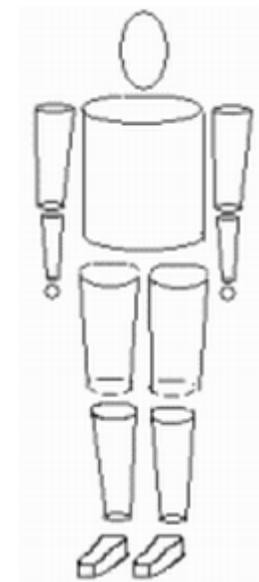
Fig. 2.10. A la izquierda: diferencia de agarre prensil entre una y dos clavas. A la derecha: colocación en pinza, en agarre de aros (imágenes de Santos, 2000:49-51)

Por último en el desarrollo técnico de lances con objetos pequeños como las pelotas, encontré que hay quienes a manera de truco se sientan y pegan los codos al cuerpo, dejando los antebrazos apuntando hacia el frente y procurando hasta cierto punto su rigidez y justo en esa posición inicial comienzan la rutina de

rotación de las pelotas; si bien alcanzan poca altura en su recorrido y nunca lo observé con más de cuatro objetos, evidencio que gran parte del dominio en el lance reside en el impulso que da la muñeca, desde luego las manos y dedos lucen su importancia, pero la idea es que ciertamente el lance es un fenómeno biomecánico compuesto de muchos gestos motores, pero se puede priorizar cuáles de ellos aportan una información más sustancial, para llegar a este punto se debe conocer con más detenimiento la actividad física que se desea valorar y comprender que en la ejecución de sus variantes se pueden rastrear ciertos elementos que den correspondencia con la perspectiva de nuestro estudio.

b) Gesto motor de posicionamiento del cuerpo

La valoración de este gesto conlleva muchas más vicisitudes que el gesto motor del muñequero que mal puede resumirse a un desplazamiento articular de abducción – aducción, en este caso se debe de contrastar qué modelo es el más útil y debido a que esta construcción reside en usar la división del cuerpo por secciones articulares existen muchas posibilidades. Al final se eligió la clásica planimetría de 14 segmentos: Cabeza y cuello, tronco, muslos, piernas, pies, brazos, antebrazos y manos, porque guarda mucha correspondencia con las medidas que propone el perfil antropométrico ISAK, es más sencilla que otras y ofrece un buen acercamiento para valorar el posicionamiento del cuerpo durante el lance activo.



En este caso como en gesto de muñequero se reiteró la grabación de vídeo como herramienta para lograr una descripción de los 14 segmentos corporales y se diseñó una cédula antropométrica para describir el patrón de las medidas directas de los segmentos.

Segmento	Descripción	Definición de los ejes
1	La cabeza , a la cual se le asocia el cuello, eje definido por dos puntos:	a) Vertex b) Aproximadamente la articulación atloaxoidea
2	El tronco , integrado por columna vertebral, pelvis y escápulas humerales. Los cuatro puntos básicos son las 2 escápulas humerales y las 2 coxofemorales, eje definido por dos puntos	a) La fosa supraesternal (encima del mango del esternón) b) El punto medio de los dos coxofemorales
3-4	Los brazos , su eje es definido por dos puntos	a) La escapula humeral b) La articulación humero-cubital
5-6	Los antebrazos , su eje viene definido por dos puntos	a) La articulación humero-cubital b) La línea intercarpiana de la muñeca
7-8	Las manos , su eje viene definido por dos puntos	a) La línea intercarpiana de la muñeca b) La articulación metacarpo-falángica del tercer dedo
9-10	Los muslos , su eje viene definido por dos puntos:	a) La coxofemoral b) La rodilla, concretamente en la línea intercondílea de la articulación femoro-tibial, es decir 2cm. arriba de la cabeza del peroné
11-12	Las piernas , su eje viene definido por dos puntos:	a) La rodilla, concretamente en la línea intercondílea de la articulación femoro-tibial, es decir 2cm. arriba de la cabeza del peroné b) El tobillo, concretamente el punto medio de la línea maleolar, que se corresponde con la articulación tibio-peroneo-astragalino.
13-14	Los pies , su eje viene definido por dos puntos:	a) El tobillo, concretamente el punto medio de la línea maleolar, que se corresponde con la articulación tibio-peroneo-astragalino. b) Distal: Dos puntos: -El punto de contacto del calcáneo con el suelo -Por delante de la articulación metatarsofalángica del tercer dedo.

Fig. 2.11. Descripción de los 14 segmentos del cuerpo humano con los puntos articulares como ejes (retomado de Carrasco, y Carrasco, 2001:8-9).

c) Gesto motor de la visión estereoscópica

La propuesta de emplear un mecanismo que describa la visión estereoscópica es muy ambigua, dado que el fenómeno de la visión es demasiado complejo y su acción no puede segmentarse de manera sencilla; en primer término porque la conformación de las imágenes que recibimos a través de nuestros ojos son codificadas e interpretadas por nuestro cerebro, aspecto que por su propia naturaleza dificulta el realizar una medición directa. Así en condiciones de salud normal las imágenes que distinguimos son en realidad una fusión de pequeños cuadros de información, percibidos por separado por cada uno de nuestros ojos, respondiendo a la abertura pupilar causada por el espectro electromagnético en forma de ondas de luz visible reflejada en los objetos que golpea los bastones y conos alojados en la retina.

En todo caso algo sencillo a medir es el movimiento ocular, y de ahí saltar a las explicaciones o causas del mismo. Una vez migrados a este terreno la bibliografía que da cuenta de cómo cuantificar dichos aspectos es amplia:

Dentro de algunos deportes como el voleibol, basquetbol, tenis, futbol soccer, se valora primariamente el movimiento ocular sacádico (Piras, et al 2010; Jafarzadehpur, et al. 2007; Lenoir, et al 2000; Williams y Davis 1998) debido a que la evaluación de los movimientos rápidos de los ojos se especializa con el entrenamiento y en dichos deportes funciona a manera de escáner espacial, permitiendo la integración de la respuesta motora. De manera colateral existe el enfoque de la mirada fija, en ocasiones referida como focal, que funciona en las esferas de la coordinación de determinada respuesta motora, de esta forma se advierte y comprende que no sólo el escaneo del espacio es vital, porque si bien éste compromete la información del ambiente *-percibido como contexto-*, la precisión que se logra al focalizar fijamente resuelve otra función: la predicción. Así su importancia en la coordinación cabeza-ojo en el tenis (Rodrigues, et al 2002) o su implicación en la precisión de un lanzamiento de dardo (Vickers, 2007., Vickers, et al. 2000), axiomatiza la otra clase del movimiento ocular.

Pues bien ya expuesto, por un lado el movimiento rápido y por otro el control de anclaje de mirada en un punto, la pregunta es *¿Qué mirada se quiere valorar en nuestros malabaristas?*, elegir una sobre la otra implicaría abordar una justificación que bibliográficamente no acerté, y que previa al análisis de los resultados es especulativa. Además la constitución del fenómeno de la visión opera en integraciones simultáneas y liadas; Los principios musculares-fisiológicos orquestados por el SNC traspasan las codificaciones neuronales de respuestas motivadas por el ambiente, traduciendo esto en una acción motora con sofisticación de gradientes, por lo que considero ambicioso *-al menos en esta situación-* armar la especificación de una acción motora que se está por describir.

Por eso dispuse exponer en términos generales el concepto de *visión estereoscópica*, porque su definición como función binocular y percepción tridimensional no brinda precisión de un único rasgo en el movimiento ocular, pero posibilita combinaciones integrales como gesto motor bajo aplicación general, completo entonces que puede sonar como un término impropio, pero al ser esclarecido su uso queda posibilitada su acepción.

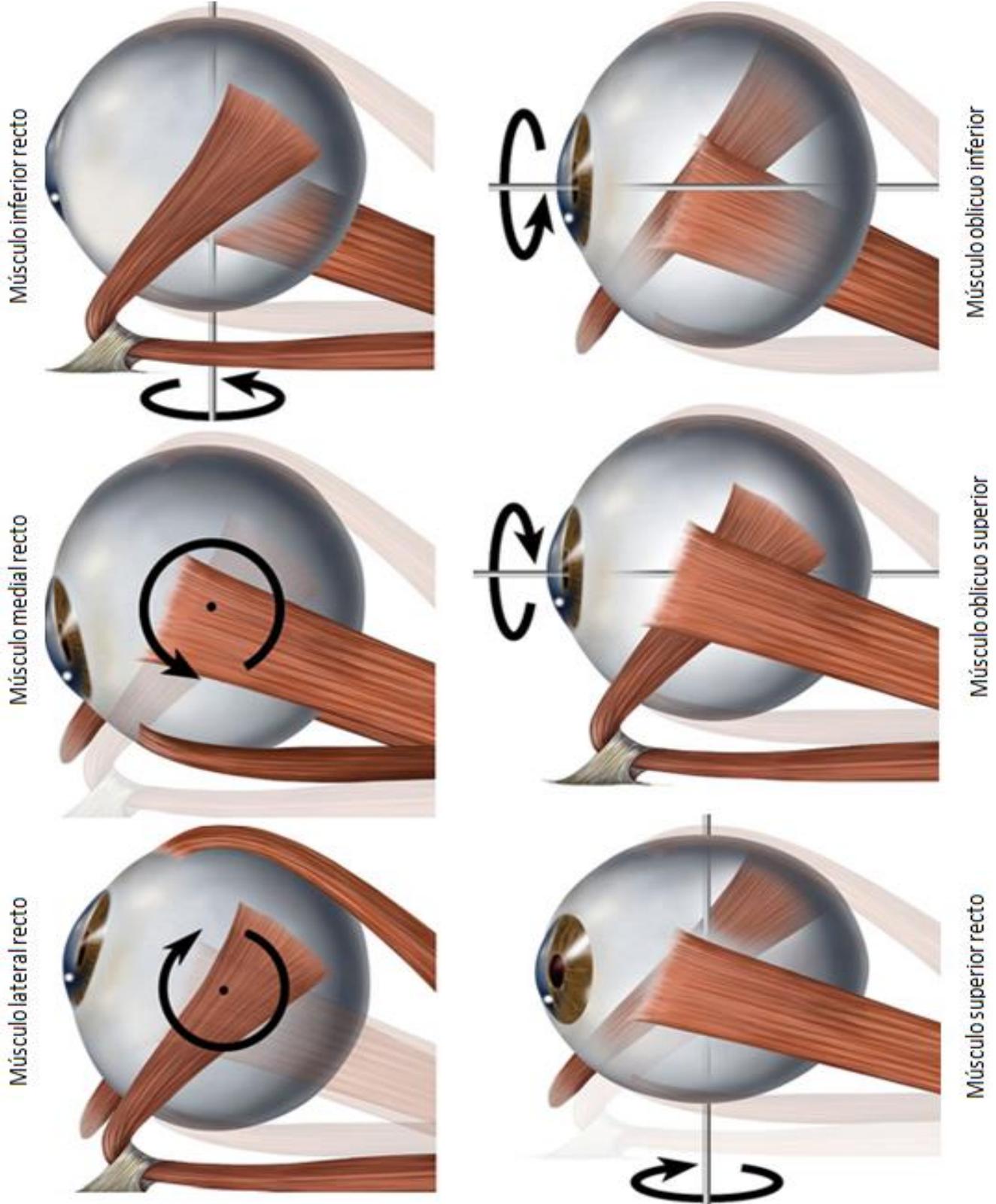
Ahora para comprender aspectos sobre el movimiento ocular, es necesario detallar la musculatura ocular voluntaria: Se encuentra integrada por cuatro músculos rectos *“superior del globo ocular, inferior del globo ocular, medial del globo ocular y lateral del globo ocular, además de dos músculos oblicuos; inferior del globo ocular y superior del globo ocular”* (Yanoff, y Duker 2008), en ocasiones el elevador del parpado superior, completa los cuadros descriptivos de músculos extraoculares por implicaciones directas, cómo se muestra en la figura 2.12.

De tal forma *“los músculos oculomotores extrínsecos permiten el movimiento del ojo en su órbita y se consideran efectores sensoriales”* (Gagey, 1987), donde al asumir su función como efectores sensoriales del ambiente, se intuye posible su entrenamiento, para dominar hasta cierto grado su respuesta motora, justo aquí radica la importancia de describir estos aspectos, más allá de que cada uno tiene una función particular.

Músculo	Inervación	Origen	Inserción	Posición neutral	Aducción	Abducción
Superior recto	Nervio oculomotor (Rama superior)	Anillo tendinoso común o anillo de Zinn	Ojo (superficie anterior, superior)	-Elevación -Inclotorsión -Aducción	-Intorsión -Aducción -Elevación	Elevación
Inferior recto	Nervio oculomotor (Rama inferior)	Anillo tendinoso común o anillo de Zinn	Ojo (superficie anterior, superior)	-Depresión/declive -Extorsión -Aducción	-Extorsión -Aducción -Depresión	Depresión/declive
Lateral recto	Nervio motor ocular externo (VI par craneal)	Anillo tendinoso común o anillo de Zinn	Ojo (superficie anterior, superior)	Abducción		
Medial recto	Nervio oculomotor (Rama inferior)	Anillo tendinoso común o anillo de Zinn	Ojo (superficie anterior, superior)	Aducción		
Superior oblicuo	Nervio troclear	Anillo tendinoso común o anillo de Zinn a través de la tróclea	Ojo (superficie posterior, superior y lateral)	-Intorsión -Depresión/declive -Abducción	-Depresión/declive -Aducción -Intorsión	-Intorsión -Abducción -Depresión/declive
Inferior oblicuo	Nervio oculomotor (Rama inferior)	Hueso Maxilar	Ojo (superficie posterior, superior y lateral)	-Extorsión -Elevación -Abducción	-Elevación -Abducción -Extorsión	-Extorsión -Abducción -Elevación
Elevador del párpado superior	Nervio oculomotor	Hueso esfenoides	Tarso del párpado superior	Retracción y elevación del párpado		

Fig. 2.12. Descripción de los músculos extraoculares, con reseña de función motora (retomado de Yanoff, et al. 2008:1303)

Fig. 2.13. Esquemas visuales del movimiento efectuado por los músculos extraoculares, elaborados por el ilustrador médico Patrick J. Lynch, bajo el proyecto de enseñanza multimedia de la facultad de medicina de YALE en el año 2000.



Nota: Las ilustraciones están disponibles en línea y su reproducción es bajo fines didácticos:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Eye_movements.jpg

De manera elemental se ha avanzado, pero aún queda revisar aspectos teóricos que construyen parte de la valoración del gesto motor:

“Desde el punto de vista embriológico, la retina se forma del cerebro en lugar de tener un origen periférico...puede considerarse en la mejor de las formas como un “cerebro pequeño” que se encuentra entre los fotorreceptores y el nervio óptico...en ella hay aproximadamente 125 millones de bastones y 6 millones de conos, pero sólo 1 millón aproximado de fibras nerviosas ópticas” (Thompson, 1977:202-03).

Como síntesis de una cita textual más amplia *-de ese mismo capítulo-* punteo que los bastones son sensibles a una iluminación tenue (visión escotópica), mientras que los conos requieren intensidades mayores de luz encontrándose más implicados en aspectos de agudeza y color de la función visual (visión fotópica), asunto que apropio importante debido a que *“el centro del campo visual, esto es la región que se observa con mayor claridad cuando se fija la mirada en un objeto, se proyecta en la fóvea que se compone totalmente de conos. Los conos de la fóvea tienen, respecto a las fibras nerviosas salientes, una relación casi de uno a uno”*.

Con la referencia en mente, hay dos cosas que indican aspectos sobre la valoración de la visión estereoscópica, la primera es que la cantidad de luz en el ambiente influye directamente en el comportamiento de la mirada, la sensibilidad fotoreceptiva es suficiente motivo como para procurar que la valoración del movimiento ocular considere aspectos sobre la iluminación, dicha nota parece tozuda pero más adelante cobrará aun mayor sentido.

Otro aspecto que se puede elegir medir es la agudeza visual de cada ojo (precisión con la que se ven a distancia o cercanía los objetos) o bien el campo de visión que suele ser un estudio clínico muy popular para valoración de aspectos discapacitantes⁵ que podrían resultar en datos útiles para el estudio, pero no tendrían los valores directos para conformar la mensurabilidad del gesto motor.

⁵ Se considera dentro del rango de lo normal un campo de visión de 60° en aducción (que lo acerque hacia la nariz o línea media) y 100° en abducción (hacia afuera o alejándose de la línea media) para cada ojo. (Campo Visual. 2010. En: Wikipedia, Consultado:26 de Septiembre del 2014, en: https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_visual)

Sumemos otro asunto teórico como anotación que debe recordarse: Existe un principio que fue descrito en el siglo XIX por el fisiólogo alemán Ewald Konstantin Hering, conocido como ley de igualdad de inervación de Hering, que estipula “*la coordinación binocular es innata*” (King, y Zhou 2000:153) y que sentencia que “*durante el movimiento ocular, los músculos correspondientes de cada ojo reciben igual inervación*” (Bahill, et al.1977:786), por lo que estos músculos se contraen y relajan en coordinación con los de ojo opuesto a su vez comparten la dirección en el movimiento de su par.

Punto asimilado como vital en el estudio, debido a que es este aspecto el que en términos de ilustración evidencia que al reportar el movimiento de un ojo se puede inferir un acompañamiento reflejo por el otro ojo.

Si bien existe la atribución de coordinación en la dirección del movimiento entre ambos ojos cuando miramos, por la cual solo se requiere justificar la descripción del desplazamiento de un solo ojo -sea derecho o izquierdo-, como valor práctico para mesurar la focalización en un punto o varios en el espacio, la configuración funcional de la mirada es más enredada, porque la información reportada por un ojo responde a la segmentación de una respuesta enviada para ambos ojos. Traducido en palabras más sencillas un ojo no reporta exactamente la misma información que su par, de manera que en efecto son complementarios.

Por lo que contrario a lo propuesto por estudios sensacionalistas, el tratar de analizar datos sobre la mirada debe de tomar prescripciones sobre la función del ojo como limitantes reales, con prudencia señalo que “*los sistemas visuales de focalización y de ambiente, examinados pueden verse como sentidos inseparables de la percepción....de hecho se encuentran intrínsecamente unidos por su función*” (Knudson, y Morrison, 2002:48), por lo que en un sentido más simple el debatir qué tipo de movimiento ocular opera en determinada actividad física puede ser vago, pero si avanzamos un poco y vinculamos la noción del entrenamiento sobre el control de la mirada se abren puertas de anchuras trascendentales.

Ahora sólo resta profundizar sobre lo que posibilita describir *¿Qué tipo de mirada es la que el malabarista élite ejerce sobre sus lanzamientos?*, para lo que es útil añadir unas notas de anatomía:

El ojo humano permite la entrada de luz a través de la pupila, encontrada como circunferencia negra al centro del iris, mismo que es una membrana en forma de aro crecido coloreado, que puede ir del azul más claro al café más oscuro, situado justo en medio de la esclerótica, que es la parte externa y blanca que ayuda al ojo a mantener su forma y lo protegerlo de lesiones (King, 2010:90).

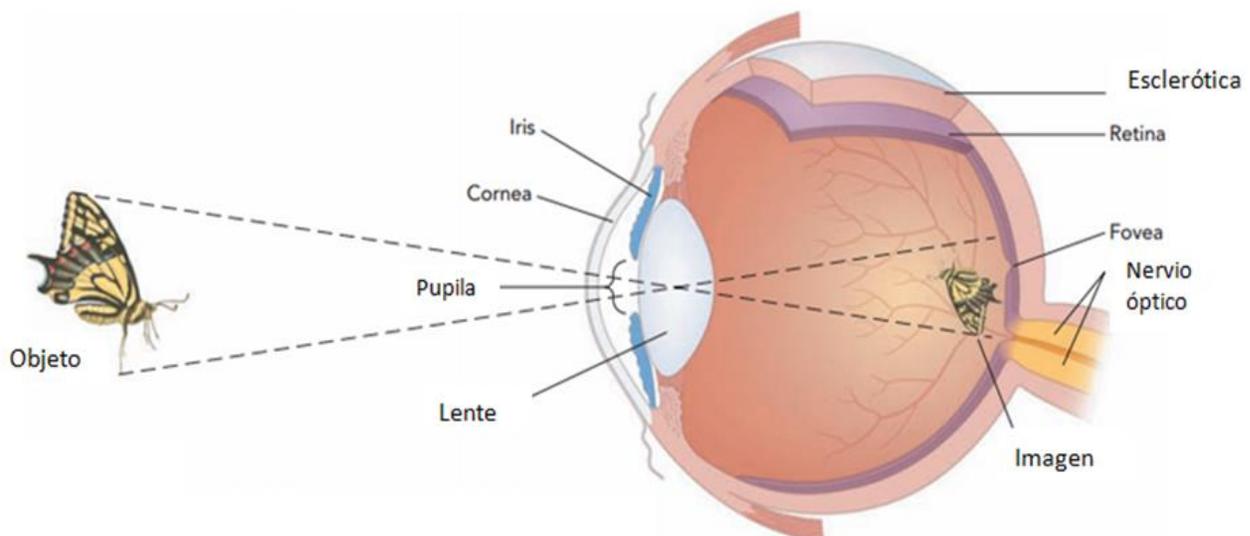


Fig. 2.14. Retomada de King (2010:90), la cita al pie: “Partes del ojo: tenga en cuenta que la imagen del mariposa en la retina está al revés. El cerebro nos permite verla en orientación correcta.”

Usando la lógica de función sabemos que el cáliz de nuestra medición es la pupila, entonces al grabarla en el momento que el malabarista élite ejecuta su lance, podemos describir si es que se ancla en un punto fijo o se comporta con movimientos sacádicos, y dependiendo de sí estos son hacia; arriba, abajo o laterales, se puede decir hasta cierto grado que músculo oculomotor extrínseco es el involucrado.

Pero no todo es tan sencillo, he aquí un punto interesante, la pupila como orificio posee la facultad de *“disminuir de tamaño mediante la contracción de los*

músculos circulares del iris, o alargarse por la contracción de los músculos radiales. El iris se comporta como el diafragma de una máquina fotográfica al regular la luz que entra en el ojo. Si la luz es débil, la pupila se dilata para dejar pasar la máxima cantidad posible; cuando la luz es intensa la pupila se contrae” (Carthy, 1969:33-34), dicho mecanismo funciona como un esfínter modificable por la cantidad de luz existente en el ambiente.

Sabemos que los músculos oculomotores extrínsecos son dominados en gran medida por nuestros deseos para mirar hacia un punto, de hecho pueden ser entrenados, pero la dilatación y contracción pupilar depende de músculos lisos involuntarios no estriados, que en gran medida responden a las características del diafragma muscular pigmentado que los rodea y aspectos como su color importan:

“El color del iris (azul vs. café) influye de manera estadísticamente significativa ($p < 0.05$) amplitud de 0.504 mm vs. 0.594, el tiempo de contracción 0.401ms contra 0.407ms, velocidad de contracción 13.75 mm²/s contra 16.01 mm²/s y velocidad de dilatación 4.80 mm²/s contra 5.66 mm²/s. El color del iris no influye en el tamaño de la pupila inicial 4.78 mm contra 4.83 mm), el tiempo de latencia (520 mm contra 521 ms), y el movimiento pre-PLR (0.328 mm²/s contra 0.325 mm²/s)” (Bergamin, et al.1998:567).

Otro asunto es que la pupila no siempre tiene el mismo tamaño, éste ciertamente varía dependiendo la edad de los sujetos, como la siguiente cita lo señala:

“Los reflejos pupilares aparecen al 5to mes de vida intrauterina y son activados hacia el 6to. Alrededor del primera año de vida la pupila comienza a aumentar su diámetro, durante la adolescencia es que alcanza su mayor tamaño, y en la vejez lo disminuye” (Walsh, 1947).

Además sabemos que al encontrarse bajo la función del sistema nervioso autónomo, hablamos de funciones involuntarias:

“El movimiento de la pupila es un indicador cinético de la función ocular, tanto sensorial como motora, éste está modulado por el sistema parasimpático a través del III par que inerva el músculo constrictor y por el sistema simpático que inerva el músculo dilatador de la pupila, por tanto el diámetro de la pupila está determinado por el equilibrio entre las acciones antagonistas de estos dos sistema” (Toledo, et al. 2004).

Pero afortunadamente hay dos opciones para evitar la manipulación del esfínter pupilar, a través de medidas control; la primera de ellas es controlar en el ambiente la cantidad de luz, evitando su exceso o falta, procurando sea tenue y la segunda es grabar con una cámara infrarroja.

Queremos saber a dónde miran los malabaristas élite al ejecutar su acto y sabemos que la mejor forma de descubrirlo es definir es inquirir hacia donde apunta su pupila, al trazar una línea recta en la dirección donde se posiciona ésta.

Por lo que se eligió construir un equipo de seguimiento visual, el también llamado “*Eyetracking*” forma parte de los nuevos dispositivos que han mejorado el nivel de vida de personas con discapacidades motoras para manejar equipos tecnológicos, la idea parte de que con el rastreo ocular se logra saber qué se mira y por cuánto tiempo se hace, lo que actualmente permite usar los ojos como cursores dentro de una computadora, creando nomenclaturas muy especializadas; cómo para valorar que lo que se mire por más de unos segundos dentro de una ventana pueda interpretarse como un clic. Estos aparatos han llegado a la sofisticación por el rebote de los rayos infrarrojos y softwares que se programan en diversas codificaciones.

Anteriormente se mencionó que solo un malabarista posibilito la correcta captura del rastreo ocular. La manufactura del aparato si bien no es difícil, el montaje en la barra de metal en el casco de seguridad industrial sí lo es, y no siempre funciona. Resulta importante que la secuencia de conducta ocular que se capture en vídeo, sea distinguible en todo el lance activo. Si durante la secuencia la videocámara infrarroja se mueve, se pierde la posibilidad de usar la captura. Eso ocurrió con un malabarista élite. Por otro lado, dos malabaristas élite no aceptaron usar el casco, porque ya habían colaborado en sesiones anteriores y las modificaciones metodológicas sobre la marcha del estudio, no ajustaron con sus viajes laborales. Al final solo uno de ellos cristalizó la posibilidad de valorar ese gesto motor.

2.4. Sobre el lance

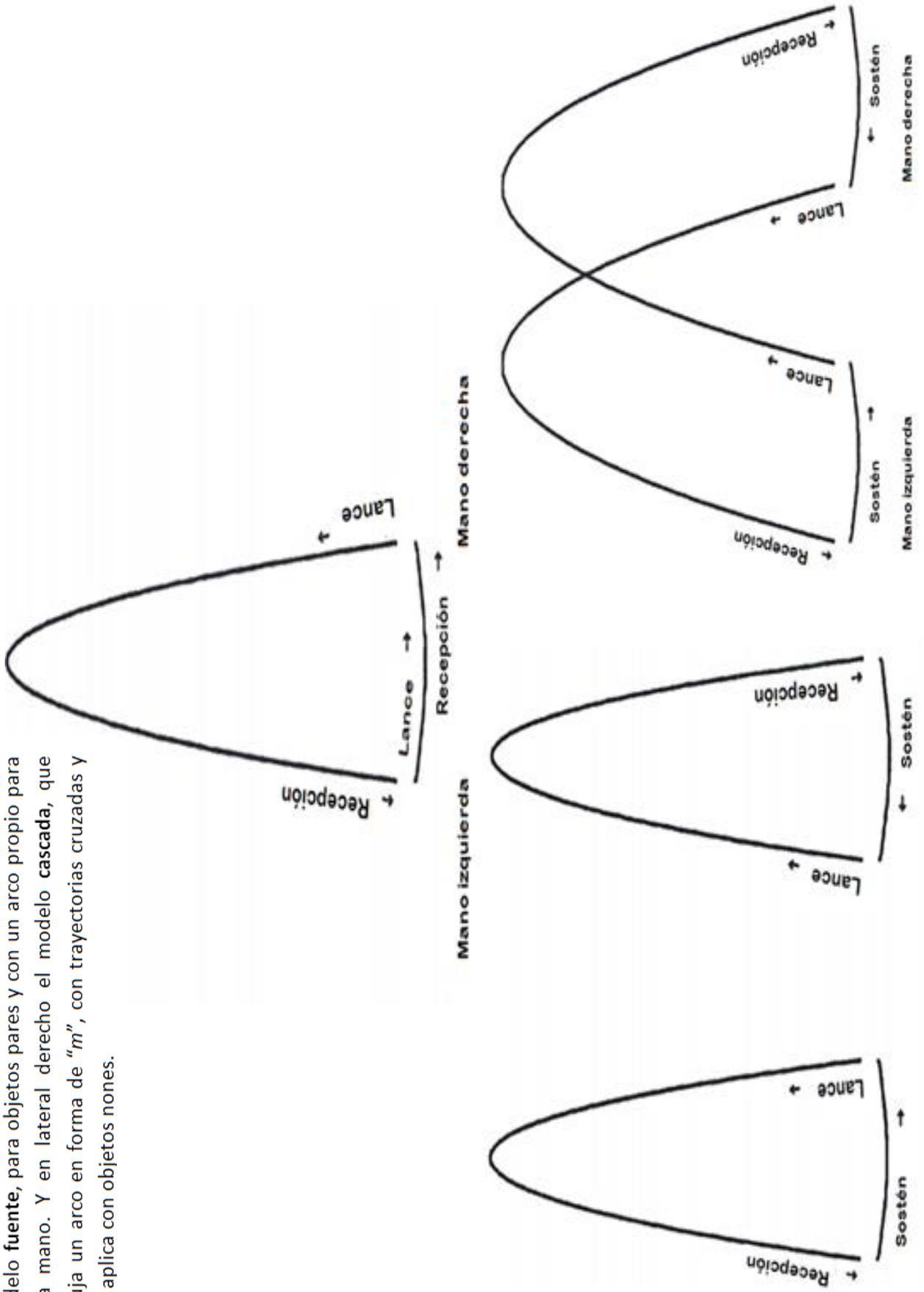
Dentro de lo que aquí se reconoce como lance activo los ejecutantes y la historia tradicional de los malabares describen tres modelos de incorporación de objetos; *cascada* para elementos impares, *fuelle* para elementos pares, y *lluvia*, está no atada a número “par o impar” de objetos, ya que establece una elipse completa con ambas manos sin descanso. Algunos mencionan un cuarto modelo pero es sólo una variación del último, algo así como una “media lluvia” (Magnusson y Tiemann, 1989:584 y Datos etnográficos propios).

Además de considerar el número de objetos, cada modelo refleja un patrón de arcos diferentes, la palabra “arco” en jerga refiere a las trayectorias que los objetos siguen al momento de ser lanzados, por lo que dependiendo de su origen *-que mano lanza-* y su destino *-que mano recibe-*, se define un arco.

Por ejemplo; para el caso de la fuente, los arcos nunca se interceptan, los objetos lanzados por una mano no migran a la otra mano, siempre se respeta la continuidad de dos arcos independientes. Ocurre lo opuesto con la cascada que precisamente establece un intercambio directo entre ambas manos, así los objetos entran en una trayectoria combinada, el arco que se forma asimila a una letra “m” si se observa de frente. A zaguero el arco de lluvia construye una trayectoria elíptica donde ambas manos trazan la continuidad en un lance sin descanso, para muchos este ejercicio es mucho más complicado debido a que se requiere lanzar los objetos a mayores alturas. Para facilitar su referente, adapte las imágenes de un artículo de Magnusson, ya referido en otros apartados. Así, la figura 2.15 muestra los tres tipos de arcos mencionados para su mejor comprensión.

Lo postrimero en dichos señalamientos es que nuestra valoración de lance activo con cinco clavavos refiere a un lance de cascada, si bien la otra posibilidad era la lluvia, resultó que esa modalidad era más común en la rutina con pelotas, mientras que la rutina de cascada con clavavos era más frecuente.

Fig. 2.15. Adaptación de los esquemas de Magnusson y Tiemann, 1989:585. Arriba el modelo lluvia, con un solo arco sin descanso en la rotación de elementos. A la izquierda el modelo fuente, para objetos pares y con un arco propio para cada mano. Y en lateral derecho el modelo cascada, que dibuja un arco en forma de "m", con trayectorias cruzadas y que aplica con objetos nones.



Previo a la captura del material videográfico conviene conocer un aproximado de duración sobre la ejecución que se pretende valorar en los malabaristas. Para lo que es útil crear una nomenclatura que permita secuenciar una temporalidad por momentos (esta nomenclatura es proemial al abordaje formal), así en éste caso el lance activo se seccionó en tres momentos:

Momento despegue: Inicia justo antes del vuelo del primer elemento, cuando el agarre prensil de las manos agrupa las cinco clavavos por distribución “impar- par”, esto quiere decir un agarre clásico de tres clavavos en una mano y dos en la otra.

Momento vuelo: Ocurre cuando queda únicamente una clava asida en la mano por lanzar -sea la derecha o izquierda- y cuatro están en pleno vuelo

Momento vuelta: Cuando la última clava enviada en la fase despegue retorna a la mano del ejecutante, dicho de otra forma es cuando el quinto elemento lanzado es recobrado/cachado.

Justo la fase vuelta culmina un ciclo completo de envío y recepción, debido a que cumple una cadena de lance. Esta sucesión de fases en el patrón de cinco clavavos ocurre en tres o cuatro segundos como promedio y su tasa parece tener poca variación aún cuando se ejecuta bajo un modelo de seis o siete clavavos, sobre este punto valdría ahondar más con futuros estudios.

Fig. 2.16. Representación visual del momento despegue, vuelo y vuelta.



a) El modelo de catorce fases

Definir los momentos de un lance, únicamente tiene la finalidad de identificar el inicio y fin de una rotación de objetos. Debido a que el interés es abordar aspectos de la técnica de lanzamiento, el quedarse con la descripción de momentos no es viable.

Se requiere precisar las fases que integran la secuencia de lance y recepción para cada una de las clavas, en este caso asentar bajo qué orden ocurre la sucesión de objetos, la temporalidad y el comportamiento de la lateralidad manual.

Para las secuencias de los cuatro malabaristas, siempre se comparte un modelo de catorce fases, que se puede resumir de la siguiente manera:

El modelo dicta que: una rotación completa en modalidad cascada con cinco clavas, siempre transcurre con una sucesión lógica de envíos y recepciones inalterable.

A suma de incredulidades, esto no es novedoso para ningún conocedor de la notación transposicional o “siteswap”. Los malabares operan bajo principios lógicos matemáticos, que predicen la forma en la que los objetos lanzados viajan por el aire.

Sin embargo, la secuencia presentada por la tabla no se formuló bajo el criterio predictivo de la multiplexación (teorema numérico dentro de la notación transposicional). Su construcción fue pragmática, los malabaristas me señalaron los movimientos que ocurrían en esas centésimas de segundos, después corroboré que los fotogramas respaldaban el modelo que ya tenía señalado.

Fases	Descripción
1	Impulso
2	Lance clava 1
3	Lance clava 2
4	Lance clava 3
5	Lance clava 4
6	Recepción clava 1
7	Lance clava 5
8	Recepción clava 2
9	Lance clava 1 (bis)
10	Recepción clava 3
11	Lance clava 2 (bis)
12	Recepción clava 4
13	Lance clava 3 (bis)
14	Recepción clava 5

2.5. Madurez biológica: Periodos críticos y periodos sensibles

Anteriormente hice mención sobre la importancia de la propuesta de los periodos críticos aplicados a la especialización de las habilidades motoras, pero ahora conviene ahondar sobre varios aspectos:

Se reseña que el concepto de “*periodo crítico*” fue puntualizado por primera vez en el texto de Camile Dareste de 1891 (Schore, 1994:11), al encontrar como el manipular huevos de gallina con temperatura y posiciones específicas dentro de etapas delimitadas del desarrollo se lograba alterar el curso de los cigotos (Dareste, 1891), por lo que su incursión en las ciencias biológicas deviene de la embriología.

De ahí a la fecha las referencias de periodos críticos en el desarrollo humano son numerosas: “*la capacidad para percibir profundidad estereoscópica requiere la experiencia temprana de una visión binocular*”(Jampolsky, 1978), la justificación reside en que la información que llega de nuestros dos ojos asciende conjuntamente al nivel del córtex visual primario y por consiguiente:

“La experiencia visual, durante un periodo limitado en la vida temprana, tiene un enorme impacto en como la corteza visual es fiel para procesar la entrada de información de cada ojo y del grado al cual entradas binoculares son combinadas”. (Squire, 2013, pp.487).

En general para la biología del desarrollo no hay dudas de la existencia e importancia de los periodos críticos, de hecho el periodo gestacional está marcado por una serie de lapsos de divisiones celulares, donde diferentes tejidos y órganos están programados de manera cronometrada por una especificidad resultante de nuestra historia evolutiva, así el decir que existen espacios temporales sensibles para el curso del desarrollo es viable, por ejemplo:

“Para muchos órganos y sistemas, se producen períodos críticos en el útero. Por ejemplo, la estructura del riñón, incluido el número de nefronas, es determinado a las 34-36 semanas de gestación. Después de este estadio, no pueden formarse nuevas nefronas.” (Barker, et al. 2006:700).

Este ejemplo es interesante porque ofrece una explicación para pensar en individuos con una mayor o menor oportunidad para hacerle frente a una futura disminución en el filtrado glomerular, no obstante a dicha predisposición nuestros riñones cuentan con una estrategia fijada para la futura supervivencia: Las nefronas son capaces de hipertrofiarse para mantener la homeostasis en nuestro cuerpo y así compensar el funcionamiento del riñón⁶, evidenciando que nuestra maquinaria humana opera en distintos niveles.

Esto esquematiza de manera más sencilla la idea a la que hace referencia el presente estudio, cuando me refiero a periodos críticos para lograr la especialización de las habilidades motoras asociadas con los malabares (como una forma de actividad física) lo hago describiendo que hay un lapso temporal para el desarrollo de los individuos que al ser estimulados mediante el entrenamiento tendrían la oportunidad de lograr un mayor desarrollo de las habilidades para llegar a ser malabarista de élite.

Ahora bien la comunión entre la perspectiva de maduración biológica y el desarrollo motor fue popular en los años de 1930 como idea de que “*el desarrollo motor es un proceso interno o innato dirigido por un reloj biológico o genético*” sustentado en trabajos como los de Arnold Gessell quien “*creía que la historia evolutiva y biológica se encontraba determinada sobre un orden y una secuencia invariables de desarrollo*” (Haywood, y Getchel, 2005:17).

Sus estudios de gemelas idénticas o monocigóticas (Gessell:1928 y Gessell, Thompson:1929) donde por seguimiento experimental de 18 meses permitía que una recibiera un entrenamiento específico mientras que la otra no, concluyeron que el entrenamiento no supera a la maduración, dejando la perspectiva de la maduración hasta cierto punto contundente, corroborando la hipótesis que el desarrollo ocurre de manera natural además de identificar que existe una secuencia en el desarrollo de las habilidades. Pero de nuevo las cosas no son tan sencillas como lo aparentan:

⁶ Dicha propuesta es conocida como la “teoría de la nefrona intacta” y fue publicada en 1960 por Bricker en el American Journal of Medicine

El entrenamiento de una frente a la otra reflejó una incidencia en la forma de su interacción social, por lo que evidentemente si bien el entrenamiento por *sí sólo* no es capaz de modificar la maduración, el estímulo que genera es capaz de incidir en otras esferas de la maquinaria humana, que opera a múltiples niveles:

Es de suma importancia mencionar que factores como la herencia genética, estado nutricional, estímulos psicológicos, también juegan un papel decisivo en el desarrollo motor, por lo que el fenómeno de la adquisición y aprendizaje de las habilidades se ven afectados por todos ellos, y un estudio como esté solo apuesta por una comunión integradora pero escueta.

Ahora los periodos críticos son parámetros que nos recuerdan nuestro vínculo como especie unida a un proceso evolutivo que enfatiza aspectos que nos llevan a compartir una serie de pautas en nuestro desarrollo ontogenético, alternando a estos se encuentra un proceso similar pero más sutil llamado: periodos sensibles. Haría bien hacer precisiones sobre los mismos:

Existe una diferencia sustancial en lo que es un periodo sensible y un periodo crítico; *“Cuando el efecto de la experiencia sobre el cerebro es particularmente fuerte durante un período limitado en el desarrollo, este período se menciona como un período sensible”... “Cuando la experiencia proporciona la información que es esencial para el desarrollo normal y cambia el funcionamiento permanentemente, tales períodos sensibles se mencionan como períodos críticos”* (Knudsen, 2004 pp.1412).

Ahora nos resulta más sencillo volver a los años de 1970 y retomar de manera práctica las nociones que Tanner trabajó sobre los periodos críticos, pero Eric Knudsen quien en 2005 ganó el premio Gruber de neurociencia nos ha perturbado el atajo sencillo y obliga a hacer la reflexión que compete: ¿qué es lo que está operando en los lapsos del desarrollo motor de las habilidades atribuidas cómo clave para los malabaristas élite: un periodo crítico o un periodo sensible?.

Podemos especificar que un periodo crítico se caracteriza por empezar y terminar abruptamente, no así el periodo sensible que es de naturaleza gradual. Además el periodo crítico es un proceso de naturaleza coactiva para la aparición o

conformación de una secuencia futura en el desarrollo (que resulta en ser de carácter primordial o vital) y que de no ocurrir genera una acción coercitiva que elimina esa característica especificada por el desarrollo secuencial programado en el curso de la madurez biológica.

Y justo es por ésta razón que en desarrollo embrionario muchos de esos periodos que puedan juzgarse como sensibles resultan en un lapso que por su importancia para la sobrevivencia del futuro sujeto, adquiere el aspecto de crítico:

“Cuando los cambios primarios del desarrollo están al borde de ocurrir o cuando un órgano importante entra en su etapa inicial de proliferación rápida o en ciernes, una interrupción sería del progreso del desarrollo a menudo causa daños definitivos a este órgano particular....Por lo cual periodos sensibles particulares durante el desarrollo han tenido a ser críticos”.(Stockard,1921:139).

Regresemos ahora a la adquisición de las habilidades motoras, cómo vimos muchas de ellas están programadas a ocurrir en determinado momento de nuestro desarrollo; como la marcha, el habla o arcos motores reflejos, pero decir que hay un momento específico para la adquisición de las habilidades motoras asociadas a efectuar malabares no sería del todo correcto, debido a que su naturaleza es derivativa y no primaria o en otros términos “no están estrictamente vinculadas con los cronogramas propuestos por el reloj genético”, de no ocurrir no comprometen el desarrollo futuro de otras habilidades.

Aunque el gesto de la visión estereoscópica *“implica tener visión”* y cómo tal podemos rastrear en bibliografía de desarrollo gestacional que los ojos tienen varios periodos críticos, podemos retomar el ejemplo expuesto en apartados anteriores de Tanner donde una futura madre contrae el sarampión en semanas claves, esto le provocará cataratas al producto cuyo curso futuro final puede llegar a la pérdida de visión, ahora pensemos si aquel individuo podría llegar a convertirse en malabarista élite o en un médico neurocirujano, como es evidente el fenómeno de la visión es en sí mismo primario.

El mismo supuesto podría aplicarse para justificar una vinculación hacia los otros dos gestos motores, con estructuras anatómicas que posibiliten su acción, pero eso sería un esfuerzo ambiguo porque lograría ser trasladado a un sin número de actividades físicas.

Se preguntaría entonces si hacer malabares, implica adquirir un patrón de movimientos especializados y si es que *“¿podría aprenderse en cualquier momento de la vida?”*.

La respuesta es no, sentenciar *“que se puede aprender a efectuar malabares en cualquier momento del desarrollo biológico de los individuos”* es una premisa falsa, porque a los seis meses o un año del nacimiento no contamos con las capacidades fisiológicas, mecánicas, cognoscitivas para efectuarlos, recordemos estamos sujetos a la biología del desarrollo y ésta a su vez dependerá de la madurez, entonces *¿Qué resultado tendríamos si empezamos a practicar incipientes malabares después de que nuestro desarrollo biológico libera dichas capacidades?*.

La respuesta migró desde la psicolingüística donde la teoría de edad de adquisición logró cimentar que la experiencia temprana positiva o nula logra modificar los umbrales del aprovechamiento, incidiendo en su futura expresión. Su primer reto fue demostrar que la adquisición de una segunda lengua poseía un umbral de programación que al ser aprovechado correctamente alcanza una amplitud de aprendizaje que no podría superarse por aquellos que no lo aprovechan:

“La adquisición de nuevas habilidades sobre la vida útil es una capacidad notablemente humana. Sin embargo esta habilidad se halla limitada por la edad de adquisición (AoA=Age of Acquisition)”... autores muestran como AoA modula tanto el tratamiento monolingüe léxico como la adquisición de lengua bilingüe. Consideran las condiciones en las cuales el tratamiento sintáctico y el tratamiento semántico pueden ser diferencialmente sensibles a efectos de AoA en la adquisición de la segunda lengua”.(Hernandez y Li, 2007:638).

Su estudio retoma un amplio conjunto de bibliografía sobre el tema y dentro de sus esquemas gráficos nos permiten un ejemplo que es por demás ilustrativo sobre el aprendizaje léxico del chino:

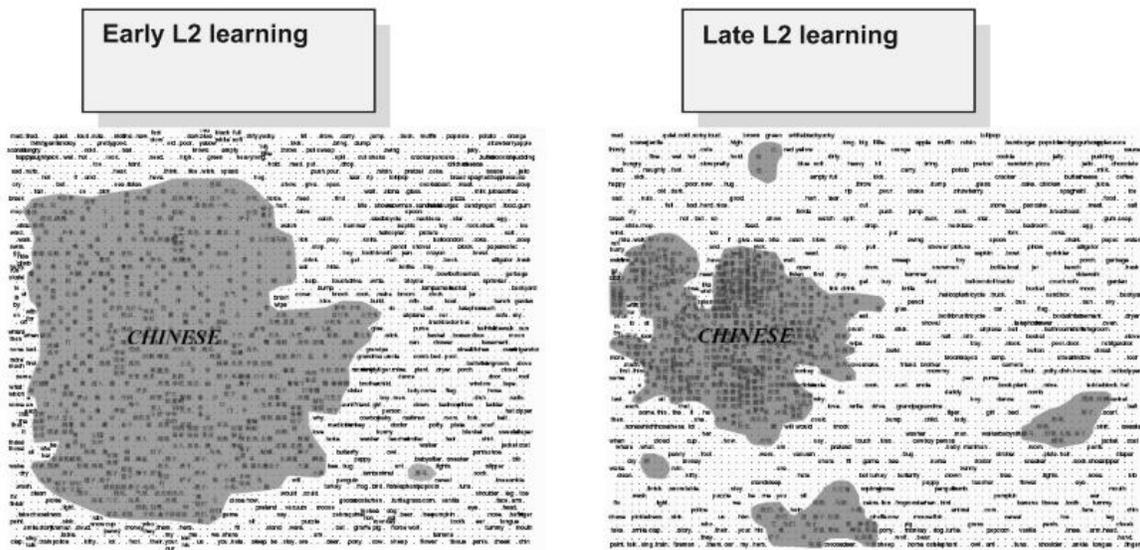


Fig. 2.17. Organización léxica a función del aprendizaje temprano de una segunda lengua (Early L2 Learning), contra la reducción por aprendizaje tardío de una segunda lengua (Late L2 Learning). Las áreas sombreadas como L2 representan el idioma chino. “A self-organizing connectionist model of bilingual lexical development” (p. 2639), X. Zhao & P. Li. En: *Proceedings of the 28th annual conference of the Cognitive Science Society* (2006). Mahwah, NJ: Erlbaum. (Reproducción textual).

Este apartado cerraría con la reflexión de que lo que opera en el aprovechamiento de los umbrales de la niñez y su seguimiento durante el brote adolescente es vital para mejorar el futuro desempeño de los malabaristas, si bien por denominación biológica es un periodo sensible para el aprendizaje, es crítico para quien quiere llegar a ser un malabaristas de élite, porque de no acompañar un entrenamiento que refine la coordinación de los tres gestos motores se estarían limitando su especialización.

Es por eso que no todos adquirimos ese patrón de movimiento especializado y en términos biológicos parecería ser intrascendente, por lo que a “*primera vista*” resultaría ocioso buscar periodos críticos o periodos sensibles. Pero recordemos no todo es tan sencillo como lo parece, y si bien puede ser una tarea de semántica

el aplicar una diferencia en los términos, la idea en el trasfondo de ambas es operativa desde Tanner hasta Knudsen.

2.6. Aspectos sobre el control motor

Abordar los elementos que participan en el control del movimiento requieren de fundamentos teóricos como señala Rojas (2006:60) *“Cuando se quiere orientar un proceso que busca alcanzar movimientos coordinados y funcionales es necesario conocer las teorías del control motor que revelan los códigos abstractos en la producción del movimiento”*.

Al comenzar la construcción, del planteamiento del problema, marqué una alusión implícita sobre la que considero una de las teorías más importantes y que a pesar de ciertas fallas señaladas por otros marcos teóricos o estudios (Kamm et al 1991., Longcamp et al 2008) cuenta con un uso muy significativo en este trabajo: La teoría refleja del control motor, elaborada en 1906 por el neurofisiólogo premio nobel de medicina Charles Sherrington (1857-1952).

El *“British Medical Journal”* publicó en noviembre de 1947 una esquila que brevemente aborda el *¿por qué?* su trabajo tuvo un gran impacto a la neurofisiología, pero más allá del impacto en dicho campo, considero interesante el devenir de su trabajo por la antigüedad que tiene con la antropología física.

Me permitiré decir que para quienes están en el campo de estudios sobre el control motor, una de las dicotomías más complicadas, es la diferencia existente entre un aprendizaje motor y un reflejo motor. Poder comprender hasta qué punto es innato y hasta qué punto es adquirido un rasgo motor es sorprendentemente difuso aunque a veces tendemos a pasarlo de largo, ilustrare más:

Actualmente los estudios elaborados desde el campo de la etología han aportado bases sobre el origen genético de ciertos patrones fijos de acción en diversas especies, un ejemplo clásico:

“La recuperación de la presa por parte de la avispa cavadora. Cuando el insecto de presa ha sido paralizado por la picadura, la avispa lo deposita cerca del nido que es una cámara hecha en la tierra, cubierta con una puerta trampa. La

avispa abre luego dicha puerta e introduce la presa. Si la presa se aleja de la cercanía del nido mientras la avispa está abriendo la puerta, la recupera para volver a colocarse en la posición original, regresa a la puerta, hace todos los movimientos de apertura y regresa por la presa. Pero si la presa vuelve a moverse, la secuencia se repite y así indefinidamente cuantas veces se repita el alejamiento de la presa” (Thompson, 1977:288).

Es evidente que efectuar malabares es un suceso devenido de un aprendizaje motor, por lo que resulta insidioso elaborar un debate inane, pero Sherrington proponía que: *“los reflejos eran los componentes básicos del comportamiento complejo para lograr un objetivo común... Un estímulo produciría una respuesta, la cual se transformaría en el estímulo de la siguiente respuesta”* (Cano et al. 2012:3).

Para abordar las teorías del control motor conviene especificar que a pesar de que los lapsos de niñez y la adolescencia son prioritarios en el estudio, en toda etapa del desarrollo biológico de los individuos existen dos principios operando:

1. La relación anatómico – funcional: Se refiere a que sólo cuando existe la estructura se puede efectuar la función, ej. En la semana 17 del proceso gestacional acontece el fenómeno de las pataditas *“dónde no sólo existe de antemano una comunicación directa neuronal que desde el cerebro le hace saber a las extremidades inferiores como responder en reflejo”*, sino que cerebro y extremidades inferiores están presentes. Cumpliéndose la condicionalidad recíproca entre estructura y función en el organismo vivo.

2. La relación genética-fisiológica: Refiere a la maduración, ésta se halla fundamentada en la idea del cronómetro pre-establecido que lleva a concluir la secuencia de desarrollo en tiempo y forma predeterminados, así la sistematicidad del desarrollo biológico hace hasta cierta medida predecible las funciones del organismo, pensemos que sin importar que exista la estructura, ésta debe encontrarse madura para lograr ejecutar la función (movimiento/acto), por lo que no basta querer correr 5 kilómetros continuos a la edad de 6 años a pesar de contar con los elementos anatómicos necesarios en el cuerpo sí éste no es lo

suficiente maduro en aspectos como la capacidad pulmonar, cardiaca, o vascular. Así toda intencionalidad de la dirección de los movimientos de la actividad motora debe de sujetarse a la madurez. Lo que tiene que acontecer va cronometrado en curvas de crecimiento de normalidad que especifican umbrales en el desarrollo y la madurez, por lo que podemos decir que

“Los cambios neuromusculares son bastante específicos en la edad prenatal. El feto nacido a las 28 semanas de gestación, por ejemplo, es neurológicamente diferente de un feto de 26 semanas o de 30 semanas, y el feto que nace a las 30 semanas de gestación es bastante diferente del que nace a las 36 semanas (Saint-Anne Dergassies 1966). Reflejos primarios, tono muscular, reactividad, motilidad y comportamiento sensoriomotor tiende a ser específico por cada edad gestacional” (Malina, et al, 2003:29).

En este aspecto Malina es muy enfático en lo que corresponde a los lapsos de maduración neural y menciona la reserva de estudios longitudinales que respaldan la evidencia actual

Sumado a esto, nuestro problema se enraíza en otro terreno: El aprendizaje motor, porque en última instancia es el que logra la articulación de nuestros tres gestos motores para su futura expresión élite, aprendizaje que favorece los periodos de la niñez y adolescencia, porque en términos biológicos establecen bases de la memoria e integración motora. Así el aprender ciertos patrones de movimientos en dichos estadios promueve la ventana de oportunidad de su mejor expresión. El aprendizaje motor se logra mediante entrenamiento, éste a su vez se convierte en justificación del por qué se logra la especialización de los tres gestos motores.

“una característica que el cerebro humano comparte con otras especies es que expone cambios marcados con la edad. Esto incluye la pérdida de neuronas y la pérdida de conexiones entre ellas. En los humanos, hasta la mitad de todas las sinapsis (las estructuras por las cuales las neuronas se comunican) se pierden del neocortex durante la niñez tardía y la adolescencia. Tales cambios estructurales a veces son asociados con una pérdida de plasticidad funcional, conduciendo a la idea de períodos sensibles en el desarrollo” (Thomas y Knowland, 2009).

Ahora bien existe una parte implícita por el estudio *–tal vez para el lector familiarizado en áreas antropológicas resulta evidente–*; al inicio se mencionaba sobre la importancia que tenían el periodo de los 6 a 12 años (Cratty, 1970:204) y el de la adolescencia “aproximadamente 5 a 10 años después de la pubertad en ambos sexos” (Bogin, 1999) debido a que existen procesos de desarrollo y maduración que van desde lo neuronal a lo muscular que a ligarlos al entrenamiento permitirían lograr la especialización de las habilidades motoras vinculadas a los malabares.

Pero esa hipótesis no se puede comprobar desde un enfoque biológico y es ilusoria sin el sustento de un estudio longitudinal. Y por otro lado el diseño de este estudio depende de la pesquisa etnográfica. Debido a que se conformó un perfil tipológico que llamamos malabarista élite, pero en último plano dependemos de sus historias de vida, para dibujar cómo es que llegaron a serlo, y esas no se pueden corroborar con una ecuación.

Lo que sabemos es que la literatura especializada, tiene nociones sobre la importancia de momentos claves para la adquisición y especialización de habilidades motoras. Y ciertamente muchos relatos entre artistas de circo lo corroboran, pero durante mi experiencia en dicho gremio, y para el caso de los trapecistas tengo conocimiento de perfiles que no ajustan a molde con ese supuesto.

2.7. Entrenamiento

La pregunta ¿Cuánto tiempo se tiene que practicar una actividad física, para llegar a ser ejecutada con nivel de dominio muy especializado? ha ocupado mucha investigación sobre el fenómeno del entrenamiento:

“En su estudio seminal de ajedrez, Simon y Chace (1973) sugirieron como mínimo necesario diez años de preparación para alcanzar el nivel experto. Desde entonces, esta “regla de los diez años” ha mostrado que también aplica al desarrollo de la pericia en otros ámbitos como la música (Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993; Hayes, 1981; Sosniak, 1985), matemáticas (Gustin,

1985), natación (Kalinowski, 1985), carreras de largas distancias (Wallingford, 1975), tenis (Monsaas, 1985), futbol y hockey en tierra (Helsen, Starkes, & Hodges, 1998)” (Baker, et al.2003:12-13)

Particularmente generó cierta aprensión con párrafos como el que cito, debido a que me generan sensación de profundidad en fuentes. Tomé a tarea buscar dichos estudios para comprender mejor las referencias, la elección resultó enriquecedora; cuatro estudios de los citados (matemáticas, natación, tenis y uno de música) provienen del libro “Developing Talent in Young People”, editado por Benjamin Bloom (1913-1999), mismo psicopedagogo que en 1964 con su “*Stability and change in human characteristics*” cimbraba ideas que más adelante incursionarían al discurso de la política deportiva, siendo un soldado de la escuela formativa y hasta cierto punto enemigo del talento por “dotación genética”.

El libro se encuentra organizado por apartados temáticos donde por investigaciones coligen los procesos que devienen en lograr un nivel experto. El autor narra como la canalización adecuada al momento de aprender a tocar el piano o hacerse de técnicas de natación ligadas a los criterios olímpicos, funden una diferencia para pulir un talento físico o musical. Abordan la delicada brecha entre la imposición del entrenamiento y la motivación del mismo, aspecto de sumo interés dado que la disciplina corresponde a una construcción social y por ende emerge de un entramado cultural.

Así, hilemos que desde hace aproximadamente cuatro décadas los países coloquialmente referidos como de “primer mundo”, usan estos criterios formulados desde la academia para la canalización deportiva; plantear como la menarquía puede afectar la masa corporal y con ello alterar la ejecución en bailarinas de ballet (Abraham, et al. 1982), o concientizar sobre cómo los ritmos de maduración asociados a la fisiología, metabolismo, bioquímica y endocrinología, tienen cosas para decir en el desempeño de deportes como la natación (Marc y Montpetit, 1986), apuntalan un encause que liga tiempos de aprendizaje, entrenamiento y eficiencia.

En gran parte, esto resulta de comprender que los ritmos del crecimiento desembocan en una concatenación de sucesos que desenvuelven maduración y desarrollo, en tiempos armónicos establecidos y cronometrados por ancestría. De esa fascinación es que un sinfín de deportes atisban que su estudio es el picaporte para un arsenal de saberes prácticos y aplicables. Retomemos ejemplos:

“El ritmo de crecimiento de los niños tiene consecuencias importantes para la formación deportiva porque los niños que maduran a una edad temprana tienen una ventaja importante durante el entrenamiento por etapas al compararse con los maduradores promedio o tardíos” (SNC, 2008:9).

Quién no recuerda la célebre discusión sobre ¿Sí el entrenamiento de fuerza mediante pesas a edades tempranas podía afectar aspectos como la estatura?, germinal en la postura de las políticas públicas nacionales de Norteamérica:

“La Academia Americana de Pediatría (AAP) y la Sociedad Ortopédica Americana para la Medicina del Deporte (AOSSM) recomiendan que, hasta que se sitúen datos fiables disponibles que demuestren la viabilidad, los niños y los adolescentes deben evitar el levantamiento de pesas, levantamiento de potencia y el físico culturismo hasta que hayan alcanzado el estadio de Tanner 5 (cerca de la madurez física). Estas actividades muestran un mayor riesgo de lesiones músculo-esqueléticas y eventos médicos agudos potencialmente peligrosos para los participantes más jóvenes” (Benjamin, 2003:19)

Vale recordar que como bien señala Benjamin, inicialmente en 1986 la American Academy of Pediatrics instituía el mal versado contenido sobre la inocuidad de que los pre púberes realizaran entrenamiento de resistencia o fuerza debido a la deficiencia hormonal de andrógenos, postura que resultó inconsistente con las nuevas investigaciones, y que aún se cita: *“por varios años, el dogma sostuvo, que a falta de testosterona, los pre púberes eran incapaces de mejorar su fuerza muscular mediante entrenamiento de resistencia” (Rowland, 2000:344).*

Sin embargo la idea de que entrenar con peso a edades tempranas genera daños en los discos epifisarios y su vinculación con una irrupción en el alcance de la estatura (Weltman, 1989), es un tema que aún hoy no está del todo claro. Todavía genera pugna de opiniones, unos afirman que los estudios no son concluyentes;

ideas como que el “entrenamiento físico intensivo en mujeres atletas, iniciadas a edad temprana, puede retrasar el crecimiento y la maduración posterior, e incluso reducir la estatura adulta final” (Baxter-Jones y Maffulli, 2002:13) son tildadas de falsas -este trabajo muestra una revisión de dieciocho estudios para sostener dicha postura-, pero sin embargo como se puede constatar en el seguimiento de las publicaciones, encontramos que a los pocos meses miembros del mismo British Journal of Sports Medicine mediante una carta señalan:

“En contraste con sus hallazgos, nuestro análisis de más de 35 informes clínicos (estudios transversales, históricos y de cohortes prospectivos) indican que las gimnastas élite pueden correr el riesgo de efectos adversos sobre crecimiento. Nosotros reportamos aumentos en la magnitud del retraso de la maduración esquelética por el entrenamiento en gimnastas élites adolescentes, junto con la aparición de un brote de crecimiento durante los periodos de entrenamiento reducido o de descanso, proporcionando evidencia de que el crecimiento y maduración pueden verse afectados en algunas instancias” (Bass, et al. 2003:310).

En la síntesis del párrafo anterior Bass, Caine y Daly efectúan una explícita réplica al citar dos de sus publicaciones previas “*Does gymnastics training inhibit growth of females?*” de 2001 y “*Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the duration of training on trunk length*” del 2000.

Así ya dibujado el panorama de algunas susceptibilidades de nuestro organismo hacia las condiciones ambientales, -con el cuidado de mostrar que ciertas posturas pueden resultar en ser más engañosas que clarificadoras-, toca migrarlo a nuestra discusión que anteponía la implementación del precepto o noción de que ciertos momentos específicos durante el desarrollo biológico son aún más significativos respecto a otros y con ello plantear que aprender una habilidad motora en ciertas etapas de integración motora encamina positivamente la formación de un atleta élite.

Que lógicamente entre los hacedores de la ciencia deportiva no resulta novedoso, el enfoque se trata bajo preceptos de mayor receptividad en términos cualitativos

sobre adquisición y perfeccionamiento de patrones motrices asociados a los ritmos de crecimiento en determinadas etapas.

De ahí que gran parte de los lineamientos de formación de atletas olímpicos son definidos por las instituciones que los entrenan; la estrategia para el desarrollo de atletas en natación (SNC, 2008), de gimnastas (GCG, 2008), de practicantes de softbol (SC, 2008), y fútbol americano (FC, 2009) en Canadá, trabajan bajo dicho enfoque. De hecho todas estas referencias son de manuales de acceso digital libre, que permiten conocer de forma sencilla los esquemas temporales en la formación de atletas y corroborar sus posturas sobre; *¿cómo implementan el entrenamiento con atención a momentos claves en el desarrollo biológico?*, al mismo tiempo, argumentar sobre dichos contenidos es sumarse a la oleada correcta de las políticas deportivas que dan medallas y buenos resultados a esos países. De esta forma:

A partir de la investigación sobre la experiencia en la formación de los malabaristas élite que se especializan en el lance activo, encuentro que existen momentos óptimos para la adquisición y entrenamiento que se alcanzarían en el estadio que corresponde a la juventud -aproximadamente con la correspondencia de 7 a 12 años en hombres y 7 a 10 años en mujeres (Bogin:1979/1999) y una reapertura de umbral para refinamiento o incursión élite tardía -reflejada principalmente en la velocidad-, aproximadamente 5 a 10 años después de la pubertad en ambos sexos- (Bogin, 1999).

3.

Antecedentes

3.1. Circo

México es testigo desde 1841 con el primer circo propiamente nacional⁷ de un sistema de entretenimiento que de alguna manera logró convertir al arte circense⁸ en una forma de representación cultural propia y una fuente económica para quienes se dedicaron a ejercer dichas formas de vida.

Sí bien es cierto, que los primeros exponentes del arte circense “como tal” fueron extranjeros, se tiene la cuenta de que en el lapso del gobierno porfirista⁹ surgen de las grandes familias circenses¹⁰ que hasta el día de hoy monopolizan los grandes circos en las carpas que los conforman¹¹.

Aunado a esto, la mejora en el nivel de comunicación entre ciudades, gracias a la elaboración de nuevas líneas de ferrocarril, y la disminución de los costos de trasladarse vía marítima por la implementación de la navegación a vapor, llevó a los circos a recorrer pueblos, ciudades y comunidades, antes olvidadas, y esto muy pronto marcó la tendencia en los circos tradicionales mexicanos de buscar que la movilidad fuese algo intrínseco en su naturaleza.

El ir de un lado a otro les abriría el mercado para ofrecer su producto de entretenimiento y luego los conflictos dentro del país como lo fue la Revolución Mexicana (adjuntando las crisis mundiales causadas por las guerras), limitarían el acceso a circos extranjeros y por consiguiente ocurriría el crecimiento de las incipientes familias dedicadas a este rubro así como la proliferación de carpas con más recursos, que harían del circo en México un icono de tradiciones.

⁷ Se reconoce la fecha de 1808 como el año en que en México ve la llegada del primer circo moderno, esto en el puerto de Veracruz, con la puesta de la carpa del Real Circo de Equitación del inglés Philip Astley. Sin embargo, las primeras actividades de un circo propiamente “fijo” llegan hasta 1841, comprendiendo en su mayoría actos ejercidos por artistas españoles, pero, traídos bajo el proyecto de José Soledad Aycardo, en lo que sería el llamado Circo Olímpico, todo esto dentro del estado de Monterrey, (Revolledo,2004).

⁸ Artes Circenses: Ejecución escénica de actuaciones dotadas de un peso simbólico teatral (vestuario, discurso, luces) y acrobático. Actualmente representadas por tradición culturales en pistas redondas, bajo una carpa y a veces con la incursión de animales, pero no limitadas a estos (Definición del autor del estudio).

Mientras que hablar de artes circenses nos posiciona en un dilema cronológico, porque en efecto el situar una temporalidad para la aparición del arte es algo que causa ambivalencias en las opiniones: una propuesta muy difundida es la de la explosión creativa elucubrada por autores como S. Mithen quien en “The Prehistory of the Mind: The Cognitive Origins of Art, Religion and Science” de 1996 propone que el pensamiento simbólico fue una mejora adaptativa al entorno europeo (proponiendo que la causalidad de dicho acontecimiento fue una mutación genética), lo que sí es un hecho para la arqueología es que no todos los predecesores de los humanos tuvieron la capacidad de elaborar arte por el arte, y que existió un detonante o un cúmulo de ellos en un momento evolutivo que desató dicha capacidad tan propiamente humana hoy día.

Por ello sería correcto especificar que las artes en general y sus expresiones particulares que con el tiempo recibirían el mote de circenses, ya se encontraban presentes en los primeros asentamientos de civilización humana, históricamente se puede mencionar que el uso del cuerpo para generar asombro es un inherente cultural¹², que se puede referir en distintas poblaciones dependiendo el normativo simbólico que comparten por la cultura que los une.

9 El Porfiriato es un lapso dentro de la cronología del poder presidencial en México que duro 35 años gobernado por el general Porfirio Díaz desde 1876 hasta 1911. La filosofía del gobierno se basaba en el positivismo, promoviendo el progreso, el orden y la paz.

10 Sí bien, en muchos casos ya no con el mismo nombre, las personas que incipientemente abrieron el terreno fomentaron y formaron a las que hoy lo ostentan en el país (o al menos en una gran mayoría como lo muestra este trabajo), y sin duda alguna los hermanos Atayde y la familia Suárez son germinadas en estas fechas y marcaron la tendencia en cómo se presentarían los actos, posterior a ellas, la ruptura de los trabajadores de las mismas, las copias, los matrimonios, entre otras cosas darían como resultado gente con vinculación directa a este mundo que resultaría en la formación de nuevos circos (Revolledo:2004).

11 En el libro citado en la bibliografía de Revolledo, se introduce el origen de más de cincuenta líneas familiares, muchas de ellas, todavía vinculadas hoy en el arte circense, quienes ya poseen entre cuatro, cinco y seis generaciones manteniendo viva esta tradición artística, como la familia Suárez, Sánchez, Gasca, Atayde, Olvera, Esqueda, Gaona, Vázquez, González, Portugal, Encarnación Fernández, Campa y Padilla, etc. (Revolledo:2004).

12 El concepto de la cultura corporal puede ser pertinente entendido como toda manifestación humana que se expresa a través del cuerpo; ideas, sentimientos y representaciones que identifican a una persona con un determinado grupo social (Neira, M. & Nunes, M: 2006).

Usando la información arqueológica podemos ver que antiguas civilizaciones como la egipcia reflejan la importancia de los ejecutantes de acrobacia o las mujeres contorsionistas; ejemplos son sus grabados de la dinastía XVIII (1550 y 1295 a. C.) en el bloque de la Capilla Roja de Hatshepsut donde se muestra el baile acrobático en un contexto asociado a los procesos rituales, mientras que en la iconografía también es común ver a mujeres danzando y adoptando posturas contorsionadas, como el caso del “ostracon de la bailarina contorsionista” datada entre 1570-1070 a. C correspondiente a la época del imperio nuevo (A. Eggebrecht: 1990).

Fig. 3.1. Baile acrobático, Capilla Roja de Hatshepsut.



Fig. 3.2. Bailarina contorsionista sobre un ostracon.



Fig. 3.3. Posible representación de pulsadores Mayas en pintura “Equilibristas sobre manos” (Espinoza, et al. 1988).

Otro caso espléndido es el de la cultura Maya que dentro de la variedad de temas representados en los murales de Bonampak, donde la técnica pictórica aun es estudiada, encontramos la pintura “Los equilibristas sobre manos” del 790 a.C. Que probablemente guarde una relación con la práctica corporal que actualmente se conoce como “pulsadas”.

Fig. 3.4.



"El Acrobata", parte de la ofrenda del Entierro 154 de Tlatilco, Estado de México. Preclásico Medio. Museo Nacional de Antropología.

En Mesoamérica un precedente clásico de lo que actualmente son las artes circenses estaría representado con la estatuilla de cerámica llamada "El acróbata" del preclásico medio localizada en el entierro 154 de Tlatilco, Estado de México fechada para el 800 a.C. (Revolledo:2004), la imagen es por demás icónica de la llamada cultura de Tlatilco con la influencia de Olmeca.

Existe una recopilación de grabados agrupados en 1601 descritos en alemán, que son dibujos y descripciones hechas por los primeros viajeros al nuevo mundo, uno de estos relata lo siguiente:

"XI. DE LOS DIVERSOS Y EXTRAÑOS BAILES DE LOS INDIOS. En Nueva España y de manera especial en México, los indios tienen una gran variedad de bailes con los que se regocijan. Unos bailan en una cuerda, algunos bailan y brincan sobre hombros de otros igual que si estuvieran en el suelo. Tienen también un baile especial en el que se reúnen los que lo van a efectuar. Los instrumentos a cuyo son bailan tienen forma de tambores a los que juntan también cantores y los que bailan golpeando el suelo con los pies siguen el mismo tono de los tambores y cantos todo lo cual es un gusto verlo como está expuesto más detalladamente en la historia".(De Bry 1601:86 editado en De la Torre 1981)



Fig. 3.5.

Es de particular interés observar que los primeros trabajos de antropología sobre el circo en América, fueron editados por la universidad de Chicago en 1952, como trabajos selectos del congreso de americanistas número XXIX. Si bien son de corte más histórico que antropológico y no gozan de un título explícito que los identifique como tales forman el vestigio temático del interés por las prácticas corporales efectuadas por los indígenas y que actualmente se encuentran relacionadas con el circo.

Tomemos de ejemplo el de “raíces indígenas en el teatro Americano” donde se pone de manifiesto la tercera carta de relación que mandó Hernán Cortes al emperador, escribiendo:

“...uno como teatro, que está en medio de ella, hecho de cal y canto, cuadrado, de altura de dos estados y medios, y de esquina a esquina habrá treinta pasos; el cuál tenían ellos para cuando hacían algunas fiestas y juegos, que los representantes de ellos se ponían allí porque toda la gente del mercado y los que estaban en bajo y encima de los portales pudiesen ver lo que se hacía” (Arrom, 1952:299).

En dicho trabajo también existe una referencia explícita sobre la práctica de lo que en occidente se relaciona con el payaso, y la secuencia cómica del Patiño, que ni más ni menos retoma del padre Durán uno de los cronistas clásicos de la época de la conquista:

“(Durán 66, pág. 231). Otro baile había de viejos que con máscaras de viejos corcovados se bailaba que no es poco gracioso y donoso y de mucha risa. A su modo había un baile y canto de truhanes en el cuál se introducía un bobo que fingía entender al revés lo que su amo le mandaba trastocándole las palabras”(Arrom, 1952:300).

En anacronía con la época prehispánica pero en sincronía con las publicaciones de mediados del siglo XX en nuestro país, y con enfoque diametralmente opuesto, la cultura popular reflejaba una admiración paradisiaca por el tema de circo. La revista IMPACTO conformada en el año de 1949, es una muestra clara de dicha afirmación, en aquella época con un costo de 6 centavos y en dirección de Regino Hernández Llergo, se publicó una serie de artículos sensacionalistas:

“*El idilio de la mujer con barbas*”; escrito por Hyman Goldberg, apuntaba un melodrama entre Jean Furella *una mujer barbada autentica* y John Carson *un tragador de sable*, ambos artistas se relacionaron en el circo Hagenback y Wallace donde surgió el flechazo de amor, pero a pesar de que ella poseía un cuerpo sensual, el susodicho encontraba repulsiva su barba, *-principal atractivo que le possibilitaba trabajo en los circos-*, después de idas y venidas ella accedió a eliminarse el vello facial que los separaba. Descartado así el principal impedimento para su matrimonio, el relato culmina con su posible incursión laboral por parte de una invitación de los *hermanos Ringling del circo Barnum y Bailey*, siendo Jean la que ofreciese una incursión laboral nueva, al ser exhibida como la *dama tatuada*, mientras su marido John fungiese de vocero del circo.

“*La mujer más pequeña del mundo*”; Es otro reportaje que si bien es menos elaborado que el anterior y de autoría no especifica, recalca el interés del público por estos temas peculiares. En este caso el eje es Edith Barlow, una joven inglesa de 21 años que mide 22 pulgadas (55.88cm), que es atractivo del circo Birmingham, las fotos son deslumbrantes y las referencias de cotilleo son excelsas “*es una fumadora de primera fuerza, pues diariamente consume la cantidad de 40 cigarrillos*” o “*Edith tiene maravillosas facultades para desempeñar toda clase de trabajos circenses*”. Cierro la apología con el que considero por mucho mi favorito: “*El circo*”, escrito por Fernando Andrade Wagner es un relato breve elegido por la revista en una especie de certamen, en dicho texto se hace alegoría a la visita de “*Pancho Villa y los dorados*” a un circo en busca de entretenimiento. *-quería reír, pero el payaso Julián, principal atractivo de la carpa, no salía a escena-*, el texto narra que es debido a que se encuentra llorando y manchado por la sangre del cadáver que reside en sus brazos; el presidente municipal, ha sido colgado y acribillado por resistir al avance de la División del Norte. La narración culmina con que el payaso Julián aún lloroso y desmadejado es arrastrado para ser enfundado en su traje de lentejuelas multicolor para hacer reír a Pancho Villa, “*el payaso lloraba y eso causaba risa...*”

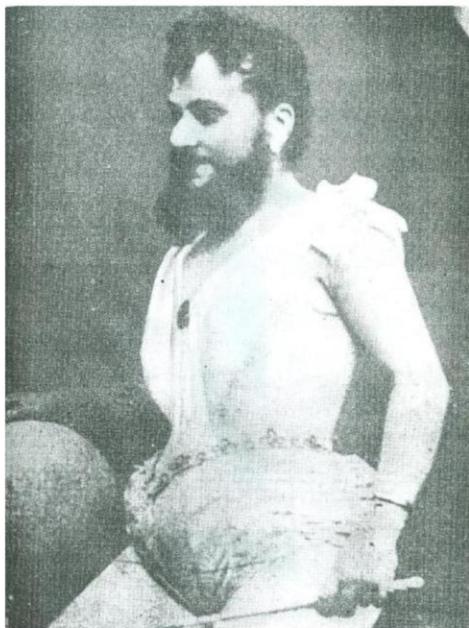


Fig. 3.6. Fotografías de Jean Furella y Edith Barlow en la revista IMPACTO.

Aprecio no se me juzgue por esta selección tan personal sobre los focos temáticos que alumbraban las publicaciones que describían a un “*tipo de circo*” –*por algunos referido como el circo del ayer*- (Fuente: Datos etnográficos propios: 4/06/2012), con la exposición de aspectos corporales que lían a lo monstruoso o grotesco, y que distan de lo que “*actualmente*” esgriman los circos tradicionales, aunque ambos convergen en el “asombro” como expresión final de sus espectáculos la naturaleza de su esencia estética es opuesta.

La idea simplemente es que el circo ha cambiado, y lo seguirá haciendo como un proceso orgánico de la población y momento histórico que acontezca, porque al final del día su raíz cultural es el entretenimiento mediante el asombro, entonces la forma y manera siempre transcurren bajo esa causalidad.

Probablemente esta breve exposición permita aclarar un punto que había dejado inconcluso al departir sobre la pertinencia de este tipo de estudios etnográficos. Porque, simplemente es erróneo dar por sentado que se habla de un mismo tipo de circo al hablar del circo en México. Podemos pensar que su función social se ha mantenido, pero no podemos cristalizarlo estático o homogéneo. Es más, si prolongamos en su germinación: la etimología de la palabra circo sitúa su origen en el vocablo griego κίρκος que en su inicio refería a la noción de círculo o anillo. Sin embargo la asociación a la construcción arquitectónica de espacios monumentales circulares con gradas en los laterales, con una explanada central a manera de arena (que era usada para exhibiciones de ejecución ecuestre) se dió por los romanos, quien en latín nombraron a estos espacios con la palabra “circus”, en el caso de los griegos la noción que especificó un arquitectónico semejante fue el estadio.

Por lo que es curioso que en la actualidad muchos circos ni siquiera sean circulares, empleen animales y lejos estén de ser itinerantes. Aspectos indispensables para los que fueron los primeros circos propiamente mexicanos.

3.2. Malabares

“El malabarismo era un favorito con los Griegos y más tarde con los Romanos. En la antigua Roma le dieron varios nombres a lo que hoy llamamos malabaristas, ej. Ventiladores (lanzadores de cuchillo) y pilarii (jugadores de pelota), (Marcello y Massimiliano Truzzi, 1974:5).

Richard Santos en su libro “Aspectos fundamentales de malabarismo” de 2010, brinda un excelente desarrollo sobre la etimología de la palabra: Malabares; por el aspecto semántico rastrea su origen en la antigua Roma donde se les decía “*ventilator*” a los lanzadores de cuchillos y “*pilarii*” a los jugadores con bolas, siguiendo la migración al francés como “*jaculator*” que es lanzador, y su posterior configuración en el inglés “juggling”. Apostilla que en España germinó la palabra “*malabarismo*” sin conexión directa aparente, más que el término alemán “*spiel malabarische*” (juego de malabarismo).

En la historia de los malabares, su origen como concepto es difuso, pero su práctica manifiesta constancia bajo diferentes significados culturales, de los cuales poco se ha reparado sobre su contextualización temporal. Así por ejemplo: Los grabados de cerámica pertenecientes a la antigua Grecia, presentan diseños donde particularmente las mujeres figuran efectuando su práctica de manera *recreativa*.



Fig. 3.7. Relieve romano sobre piedra que representa a un malabarista. Estela de Settimia Spica.



Fig. 3.8. Vasija con grabado de mujer haciendo malabares con dos pelotas. Los pechos y la silla en el fondo indican que ella juega en el cuarto privado de mujeres. Fechada en 440 a de C. En: Museo Arqueológico Nacional de Atenas.

Al respecto encontré que existen varias vasijas donde las mujeres son quienes fuera de un contexto “*deportivo*”, tal vez en un terreno más “*doméstico*”, efectúan su práctica. Arthur Lewbel quien es uno de los edificadores del *International Jugglers' Association*, ha contribuido con el rescate de algunas fuentes históricas sobre la practica de malabares, de las cuales varias y por el contrario, componen un discurso de proeza masculina:

“El libro chino de Lie Zi, escrito durante el Período de los Reinos Combatientes (475-221 a de C) y atribuido a Lie Yukou, describe a Lan Zi proveniente del estado Canción del Período Primavera y Otoño (770-476 a de C), efectuar malabares de siete espadas....El tratado Sucá del Talmud dice que el rabino Shimon ben Gamaliel podía "tomar ocho antorchas encendidas y lanzarlas al aire, coger una y tirar otra sin que se toquen”” (Lewbel, 1995).

Algunas de sus referencias provienen del texto más extendido sobre historia de los malabares “*4000 years of Juggling*” volumen I y II de 1981 elaborado por Karl-Heinz Ziethen, del cual acuso existen muchos recortes de información inconexa compartida por cibernautas en la red.

Considerar el significado de los malabares en diferentes periodos de la historia y bajo su correspondiente entramado cultural, permitirá ampliar la comprensión de su existencia. Así mientras en la mitología celta su Aquiles irlandés llamado *Cú Chulainn* ostenta como habilidad lanzar nueve manzanas a manera de potencial destreza guerrera -*invito la consulta del Táin Bó Cúailnge*-, en la actualidad Anthony Gatto ostenta el título del mejor malabarista en el mundo, descendiente de un padre malabarista e instruido bajo el contexto de circo, comercializa su destreza como empleo altamente valorado en el contenido del entretenimiento.

Y es que la propuesta no resulta innovadora, ni en gremios inesperados, evocando un boletín bibliográfico de la secretaría de hacienda y crédito público, el número 350 aloja un artículo titulado “*Juegos y deportes del México antiguo, lanzamiento de manoplas de piedra*”, donde se hacía mención de muchos deportes derivados de la guerra; lanzamiento de jabalina, tiro al blanco con arco, boxeo, variedad de luchas, esgrima, tiro de pistola y rifle, entre otros de principios

bélicos. Además de adentrarse en asuntos realmente interesantes: “Debido a que las agarraderas o asas de piedras hoy arqueológicas, asociadas al lanzamiento con manoplas son pequeñas, se atribuye que tenían manos chicas, lo que se vincula a estaturas bajas 1.62mts-1.55mts” (Jiménez, 1966), lo que además bajo otras perspectivas concede la justificación ontogénica del incremento de talla a través del tiempo.

Así si bien falta unir un mayor número de relatos que dibujen ciertos significados en la práctica de los malabares, la mudanza de significado a través de cultura y tiempo, construye una reflexión antropológica que enriquece lo que de antemano sabemos sobre la especie humana: La capacidad de remodelar lo que hacemos, somos y pensamos es inherente a nuestra naturaleza.

a) El aprendizaje de los malabares

En mayo del 2013 apareció la oportunidad de entrevistar a Vinicio Murillo, quien es el buscador de talentos en el *Ringling Bros and Barnum & Bailey Circus*, dentro de su conversación él confirmaba que a lo largo de décadas dicha empresa había construido verdaderas leyendas del mundo circense, de hecho los *Hollywood films* y cronistas norteamericanos han impulsado este discurso con firmeza.

La referencia me parece astuta, debido a que dentro de dicho circo y gracias a la instrucción del italiano Enrico Rastelli, se consolidó la carrera de un malabarista polaco llamado Massimiliano Truzzi (1903-1974), quien logró ser el primer ejecutante individual de malabares en salir sólo a la pista del *Ringling Bros and Barnum & Bailey Circus* y realizar un acto con duración de veinte minutos, catalogado de innovador y cargado de elementos de equilibrista, al menos es como se describe en el libro de "The American Circus" de 1990. El hijo de este malabarista fue Marcello Truzzi, quien en últimos años de vida fue catedrático en la Universidad oriental de Michigan, gracias a la cual se puede consultar su legado en cuanto a obras publicadas.

Dicho esto me permití el rescate de ciertas citas, porque algunos de sus trabajos están dedicados a los malabares, actividad física que supongo lo marcó, debido a su padre, que hoy es leyenda:

“Algunos otros animales, como la foca, se han entrenado para balancear objetos, pero el verdadero malabarismo parece más allá de las habilidades incluso de otros primates superiores (a pesar de los ocasionales carteles de circo con la falsa imagen de chimpancés malabareando). El malabarismo es único para el hombre, no debería de sorprendernos ya que no sólo implica un notable uso de las manos, sino también percepción espacial compleja y habilidades cognitivas” (Truzzi, 1979).

Quiero acotar que en dicho artículo, él hace alusión a un texto de 1897 “Old Samoa; or, Flotsam and Jetsam from the Pacific Ocean“, escrito por John B. Stair, que cita la diestra práctica de malabares con numerosas naranjas. Podría asegurar que el fenómeno que se relata es el que da cuenta de las niñas tonganas, del que ya he hecho mención al inicio del presente estudio, pero debido a la imposibilidad de corroborar mi suposición, la dejé como tal. Zurzo otro pasaje que me parece ventajoso:

“John M. Roberts, antropólogo de la Universidad de Pittsburgh, ha desarrollado una teoría de la "enculturación conflicto", que tal vez puede ofrecer una idea de la motivación de los malabaristas aficionados y preliterarios. Él cree que hay ciertas tensiones inducidas por el entrenamiento infantil y el subsiguiente aprendizaje para hacer frente a las personas a través de la participación en juegos y otros modelos expresivos. En su extensa búsqueda sobre las diferencias interculturales en los juegos y el juego, ha sido capaz de mostrar que numerosas prácticas individuales expresivas –que van desde los juegos de auto-prueba hasta el individualismo de conducir el automóvil en carretera- se asocian con las sociedades cuyos patrones de socialización tienden a producir conflictos por el logro y la autosuficiencia. Aunque los datos etnográficos sobre la práctica de malabares son demasiado escasos para demostrar la precisión de la hipótesis de Roberts en esta área, la evidencia disponible parece que se encuentra en línea con el resto de sus observaciones” (Truzzi, 1979).

Es vital recordar que por la época el desarrollo teórico de la antropología era algo freudiano, el campo de la cultura y personalidad era la moda, debido a que “*Ruth Benedict y Margaret Mead, popularizaron que cada cultura se asociaba con un tipo de personalidad específico*” (Kuper, 2001:149). Entonces más allá de lo debatible sobre la propuesta de Roberts, las ideas de Marcello Truzzi consisten en aportes

interesantes al puntear hacia dos sitios que en adelante serían ampliados: la compleja habilidad cognitiva que implica el efectuar malabares y el fenómeno integral de su aprendizaje.

En el año 2009 la revista nature neuroscience presentó el artículo “Training induces changes in white-matter architecture”, que aborda que aprender malabares y efectuar su entrenamiento constante, induce a cambios en la arquitectura de la materia blanca. Truzzi hijo murió en el año 2003, por lo que en vida jamás llegó a leer dicho texto, que hoy confirma sus intuiciones. Vayamos por partes para que esto quede claro:

Históricamente la explicación de procesos de aprendizaje desde el punto de vista neuronal exhibió evidentes implicaciones sobre las modificaciones ocurridas en la materia gris: *“Demostrando cambios morfológicos en las estructuras corticales precediendo al aprendizaje motor y cognitivo”* (Ceccarelli et al.2009:585), concerniente al aprendizaje de habilidades motoras el énfasis situó la ocurrencia de cambios sobre valores morfométricos causados por la incorporación de una nueva integración motora y su entrenamiento, aspectos como la modificación del volumen de la materia gris en asociación al entrenamiento de secuencias motoras transitivas (que refieren lograr la manipulación de objetos anteriormente inexplorados y alcanzar metas u objetivos específicos a su empleo), confirmo que:

“El aprendizaje motor resulta en cambios estructurales de la materia gris en diferentes áreas del cerebro que son partes de redes neuronales específicas y que tienden a persistir después del cese del entrenamiento.... Más recientemente, los estudios de morfometría basada en vóxeles longitudinales (VBM: voxel-based morphometry) han demostrado que los cambios estructurales de la materia gris (GM) también ocurren precediendo el aprendizaje motor en sujetos adultos sanos, independientemente de su edad” (Filippi et al 2010:1)

La referencia anterior desprende de un estudio que reporta la medición de cambios morfométricos comprobados a través de la técnica TBM (tensor-based morphometry) bajo contraste entre grupos; control vs prueba, donde se restringió la participación de sujetos con habilidades manuales particulares y con la premisa del test de “Dominancia lateral Edimburgo” (Edinburgh Handedness Inventory)

para incluir únicamente a individuos primariamente diestros, en pro de limitar un sesgo interpretativo sobre la afirmación que: “*hacer malabares, tocar guitarra, trasladar un palillo entre los dedos, desde el pulgar hasta el meñique, levantar objetos de varias dimensiones; tales como pequeñas perlas o cadenas con un palillo, etc.*” (Filippi et al 2010:5) coartaría la demostración sobre que el aprendizaje de secuencias motoras transitivas deriva en modificaciones en la materia gris.

Más allá de ciertas vacilaciones razonables, la prerrogativa del estudio no es novedosa desde hace décadas, al final del día; la arquitectura celular de la corteza cerebral es materia gris, y los estudios existentes son tan prolíficos que cuentan con una revista propia: Cerebral Cortex publicado por la Oxford University Press, donde una extensa mayoría reporta discursos idénticos sobre el tema esbozado.

Existe otro nivel de estudio de dicha actividad ancestral emergido en el terreno de las matemáticas dónde desde la década de los 80’s se desarrolló un diagrama de notación transposicional (siteswap en inglés) surgido gracias a tres grupos independientes; uno en Cambridge, Inglaterra y dos más en California -en Santa Cruz y Pasadena específicamente- que vincularon los tiempos de vuelta a los que se manipulan los objetos y el impulso aproximado para lograr la armonía con la distancia en el lance, permitiendo hacer análisis de predicción sobre el movimiento de los objetos -entre otros detalles por demás peculiares como la creación de un metalenguaje de trucos- (Polster, 2003), ésta formalización descriptiva en los patrones de movimientos, continuó especializándose en lo que hoy es llamado la “ciencia de los malabares” (Beek y Lewbel, 1995).

3.3 .Etnografía de los contextos urbanos

Actualmente la propuesta de ampliar el espectro de los estudios en poblaciones a las cuales no se les había prestado atención con anterioridad por ser tan cercanas¹³ y que resultaron de los predecibles procesos de urbanización, comenzó a ser tarea disciplinar:

Los trabajos de antropología que se vinculan con la perspectiva urbana tienen partida con la escuela de Chicago y la visión de Robert Ezra Park en los años precedentes a 1920, dentro de estos las temáticas fueron novedosas; inmigrantes judíos, comunidades negras, personas sin hogar, entre otros grupos, analizados bajo el término de minorías o “ghettos”, sin embargo el uso de marco metodológico no fue estricto (Signorelli:1999).

La emergencia de las ciudades como contextos expandidos por el globo terráqueo, llevo al traslado de herramientas y paradigmas bien conocidos por la antropología a dar cuenta de nuevos procesos sociales, así marcos teóricos estructurados con enfoques particulares en nuestro seno como el parentesco¹⁴, la familia¹⁵ y las tradiciones¹⁶ fueron contrastados en poblaciones urbanas.

Menciono todo esto porque la tradición de la antropología urbana en México fue justo la que permitió dar luz en 1997 un texto de Víctor Inzua titulado “El circo en la cultura” dentro del “Seminario permanente de antropología urbana” impulsado por el Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA) de la UNAM y la coordinación de humanidades. Esta referencia cobra mucha relevancia en la medida que de acuerdo al investigador existe una deuda al mencionar:

“El circo como tema de estudio, aún no ha sido abordado por las ciencias sociales en México, quizá porque se le ha considerado como un fenómeno de poca significación social” (Inzua, 1997:25).

13. La búsqueda en lugares recónditos fue un gran pilar en la antropología del siglo XIX y principios del XX cimentando la postura ideológica de una otredad lejana, así la globalización representaría el reto del paradigma clásico.

14. Véase en L.H. Morgan y los sistemas Omaha y Crow.

15. Véase en Bronislaw Malinowski y su explicación de los baloma en los pobladores de la Nueva Guinea.

16. Véase en Clifford Geertz y su postura de la transmisión cultural

a) Reconstruyendo historias de vida: Una propuesta laboral.

Las nociones del S.XVIII trabajadas por intelectuales como A. Smith describieron la naturaleza de los trabajadores como dueños de su oficio y su transmisión de acuerdo a la funcionalidad para la urbe en la que se ofrece el servicio tomando en relevo la idea del trabajo como pago a destajo.

Esta propuesta es en gran parte una manera sencilla de resumir de manera teórica un proceso socioeconómico que pasó del feudalismo establecido por siglos predecesores a una red más compleja de productividad en el mundo: El capitalismo.

Esto es relevante en la medida en la que actualmente pertenecer a un circo como artista es ser un trabajador que ofrece un servicio de entretenimiento por el cual se percibe un salario y se satisface una funcionalidad social para la urbe.

Ahora bien el principio había establecido que los malabares pueden ser catalogados dentro del parámetro de la actividad física, aspecto que conforma la integración directa con la antropología física, pero dentro de dicho parámetro existe algo que Shirl J. Hoffman en su libro de 2008 "Introduction to Kinesiology: Studying Physical Activity" describe cómo "La importancia de la experiencia subjetiva en la actividad física". Su construcción no es para nada sencilla de hecho menciona que "*examinar la actividad física en términos de las características de su ejecución o beneficios a la salud nos dice poco acerca de lo que está aconteciendo dentro del ejecutante*" (pág.96), mencionando que la esfera de la experiencia (asociada a los sentimientos y los pensamientos) es sin lugar a dudas una construcción que determina mucho la correspondencia entre la eficiencia y los niveles de compromiso hacia la práctica, así como la especialización de dicha actividad física. De manera que es indispensable decir que el grupo de malabaristas que integran el estudio son sujetos que asimilan en su práctica un trabajo remunerado económicamente y no un pasatiempo.

La propuesta suena por demás útil, pero es evidente que profesionalmente no compete el intentar acceder a los sentimientos y pensamiento bajo una figura del estilo “terapia psicológica”; donde dentro de confidencialidad se desperdiga como el otro percibe y relata su vida, reconstruyendo el cómo se experimenta la realidad, porque ese no es nuestro trabajo, no somos expertos capacitados con esas técnicas.

El antropólogo trabaja con otras herramientas, con modelos propios para acceder al discurso de la experiencia, que de manera alterna constituyen los elementos que como profesionales de campo social dominamos: Las historias de vida.

Cuando se expone el uso de historias de vida como componente articulador de un estudio, se deja de lado que su implementación es la culminación del proceso trifásico de la investigación, que transcurre del uso de fuentes de información indirectas a directas, que como científicos sociales hilamos de manera delicada en un mismo discurso. Debajo resumo dicho modelo expuesto por Galindo, 1998:

- i. La monografía inicia el proceso; en ella se busca obtener un perfil general de las ciudades y el estado, llegando incluso a la precisión del barrio, se trabaja con fuentes indirectas de información todos los archivos, bibliotecas y bancos de información deben consultarse, para tener un conocimiento exhaustivo del lugar “en papel”.
- ii. La exploración etnográfica, constituye la primera etapa del trabajo en campo, se entra en contacto con el territorio y sus habitantes, se describe la composición familiar y las rutinas, se arma un cuadro de la vida cotidiana, se conversa con los actores sociales para averiguar su punto de vista sobre sus condiciones de vida.
- iii. La etapa de las historias de vida es la entrada a profundización en la composición subjetiva de los actores sociales, aquí se analiza la historia individual y se arma el patrón de composición de la vida y la historia colectiva, considerando siempre la relación tiempo-espacio para llegar al centro de la vida individual y social, al perfil de

objetivos de vida y a definición de las situaciones vitales. (Galindo, 1998)

El trabajo que conlleva unir estos tres procesos de composición es maratónico, requiere elaborar una síntesis del material que conocemos al dedillo, eso implica pilas de información sobre nuestra población, notas de campo que tienen más de un sentido, por lo que requieren ser contrastadas entre sí y con los elementos de la composición trifásica; Para así agrupar en un sentido u otro la información, con la finalidad de hacer digerible la construcción pretendida, es como el trabajo de un buen periodista contrastando sus fuentes de información.

Aunque conviene aclarar que todo el trabajo discursivo se urdió previo a la escritura del presente estudio. Es probable que al leer el apartado de enfoque teórico, todo el diseño gocé de una fluidez lógica, pero la construcción de tipologías que se emplean, desde los gestos motores hasta el concepto de malabarista élite, son producto del trabajo de campo. Y eso es lo que resulta particularmente brillante: este estudio comienza por explicarse desde sus propios resultados, y eso es lo que permitió diseñar el estudio biomecánico.

3.4. La antropometría al servicio de la antropología física.

En el apartado anterior, dejé pendiente detallar el por qué el emplear un modelo que segmente el cuerpo humano a través de valores métricos, encausa un objetivo dentro de las múltiples aplicaciones de la antropometría.

Aceptemos que la antropología física es cuna de muchos formulismos técnicos para medir el cuerpo, de los cuales la biomecánica como muchas otras disciplinas avino de sus principios.

La antropología física también formo el linaje de las primeras aplicaciones científicas para los datos somatométricos, aplicándolos como pilar en los estudios de crecimiento (Faulhaber, 1989., Mahaut, A. 1978., Roche y Davila, 1974., Peña, 1980., Tanner, et al.1956). Paridades con los de nutrición, bajo implicación de la

composición corporal y dieta (Badenhorst, et al. 1993., Goon, et al.2011., Mellits y Cheek, 1970., Rao, et al. 2005). Desde la luz evolutiva postularon que la simetría corporal o facial reportaría relación con la selección sexual de pareja (Manning, 1995., Özener, et al.2010). También están presentes como factores predictivos en aspectos de eficiencia motriz y deportiva (Trivers, et al. 1999., Mohamed, et al. 2009., Santos, et al., 2013), dentro de la ergonomía se usan sus principios, para el diseño en las estaciones de trabajo, como en los camiones (Damon y McFarland, 1955., Damon, et al. 1966), o el trazado de espacios en autos comerciales (McFarland, et al. 1955), con la idea de crear afinidad entre las dimensiones de los objetos y las dimensiones del cuerpo humano, cabe mencionar que sobre estos últimos enfoques emergió el ligar proporciones corporales a perfiles profesionales, de una manera más sofisticada esto ocurrió en la aeronáutica militar norteamericana (Damon, 1955., Sheldon, 1943), pero queda a juicio histórico que la propuesta no prosperó del todo, debido a que en esas épocas aún existían rezagos “*políticos-sociales*” en la igualdad racial, asociaciones con modelos eugenésicos y creencias fisiognómicas que aderezaban el discurso del descalabro, sin embargo deben de tener destacada mención como cimientos.

A postre concurren estudios más sofisticados, que considerarían muchos aspectos técnicos, un buen arquetipo: El trabajo de Nikos Marmaras y Nikos Zarboutis del año 1994, que propone rediseñar las medidas de las guitarras eléctricas, bajo criterios de fatiga neuromuscular y pautas de músicos profesionales, que lían con un planteamiento que emerge de las dimensiones corporales.

El movimiento humano, es la otra joya en la corona de la antropometría, vemos que dentro del modelo más antiguo se parte de representar un cuerpo segmentado que se desplaza en la función continua que es el tiempo.

Entonces dentro de estos términos, únicamente se posee un sentido métrico del cuerpo toda vez que las entidades que lo componen son atomizadas y leídas a través de su fraccionamiento en el espacio, por ende el tiempo es el telón en

fondo. Sobre este rubro descrito es que se evidencia el implícito de hacer uso de la antropometría, en éste estudio.

Pero bueno, la finalidad de este somero bosquejo es redundar en la importancia de la técnica antropométrica, que a veces escapa de nuestros referentes prácticos actuales para posicionarse como una técnica “arcaica”, a pesar de que en ella descansan paradigmas de gran trascendencia:

“Si aceptamos que un núcleo elemental de la biología evolutiva humana es la naturaleza y el significado de la variación biológica dentro y entre las diversas especies de primates que forman nuestra ancestría filogenética, entonces la antropometría es herramienta esencial en la descripción de la variación morfológica” (Cameron, y Jones. 2010:92).

Concluyendo: Medirnos a nosotros mismos es una tradición que seguramente subyace en principios muy ancestrales, de los cuales algunos cuantos seguimos asombrados de la infinidad de implicaciones que esta enunciación remite. Y por eso no sorprende que dentro de la inmensidad de trabajos el presente estudio se refrende.

4.

Materiales y métodos

4.1 El proceso de integración del grupo de estudio.

Durante los meses de agosto y septiembre del año 2010, en una plática entre colegas sobre los retos que enfrentaba la antropología física como disciplina y los grandes rezagos que reflejaba la Escuela Nacional de Antropología e Historia para generar a licenciados preparados para desempeñar el trabajo de investigación en nuestro país, surgió el argumento señero de ser propositivos como alumnos y jugar un papel activo en la búsqueda de nuevos nichos donde pudiéramos hacer un aporte social.

Este argumento no es novedoso, dentro de una gran variedad de asignaturas durante la carrera los profesores titulares invitan a reflexionar sobre esa solución, pero es una realidad que no es sencillo convertirse en alumnos propositivos cuando no se cuentan con una serie de recursos que van desde lo monetario hasta lo intelectual (pasando por las influencias de personas claves que pueden ser los contactos necesarios para abrir o cerrar puertas).

Justo por esas fechas y después de haber comentando mucho sobre el tema, surgió la justificación genuina de trabajar un grupo que era muy afín a deseos personales y que no había sido estudiado en antropología física: los artistas de circo.

En colaboración con mi colega Rosalinda Tovar García se elaboró un proyecto al que titulamos “Etnografía de los circos tradicionales de México” que en su primera fase solo se proponía ser exploratorio y descriptivo. Elaboramos cartas dirigidas a la jefatura académica de nuestra licenciatura para pedir oficios que nos respaldaran como adscritos a la ENAH y fungieran como una hoja legal ante las empresas de circo, donde se especificaba los motivos del proyecto. Por otra parte creamos una carpeta de carácter “informativo” para las empresas de circo, que daba cuenta de los objetivos y la finalidad del trabajo en campo: Recopilar historias de vida de artistas de circo y hacer descripciones de contexto.

Pero por desgracia el trayecto no fue tan sencillo porque al visitar los primeros circos topamos con una serie de limitantes metodológicas, de las cuales solo

fuimos conscientes a medida en que éramos rechazados, entre ellas estaban: la manera de presentarnos tanto física como profesionalmente, la forma de expresarnos, los organigramas jerárquicos de cada empresa de circo para saber con quién se tenía que presentar el proyecto y con quién no, el tema del maltrato animal, entre muchas otras cosas.

Al finalizar el año habíamos aprendido de los errores y comenzamos a mejorar en esos detalles consiguiendo las primeras carpas de circo con empresas pequeñas y al paso del tiempo llegamos a entrar en empresas cada vez más grandes.

En la parte académica el seguimiento estuvo segmentado por fases y temas:

Los inicios del proyecto dieron datos para elaborar incipientes descripciones etnográficas, así la Dra. Elia Nora Arganis Juárez quien en el año 2011 fue titular de la materia curricular del plan de estudios de la licenciatura en antropología física “Etnografía moderna de México” se encargó de revisar y evaluar dichos bosquejos del proyecto.

Más adelante surgió el interés de hacer estudios osteológicos para evaluar marcas de actividad ocupacional en acróbatas y contorsionistas haciendo uso de radiografías y la entonces Mtra. Albertina Ortega Palma (actualmente titular del laboratorio de Osteología en el área de licenciatura de la ENAH) nos brindó la posibilidad de realizar las radiografías con los aparatos de la escuela y fue una impulsora en llevar el proyecto a un nuevo nivel, permitiendo presentar el trabajo en el coloquio internacional Juan Comas del año 2011 dónde ella fungió como aval.

Posteriormente y debido a la especialización de temáticas, surgió la posibilidad de unir mi interés personal por los malabares a un área específica: Los estudios de movimiento humano, por lo que en el 2012 elegí el proyecto de investigación formativa (PIF) de “Kinesiología: Estudios del movimiento humano” que estaba dirigido por la Dra. María Eugenia Peña Reyes y el Mtro. Héctor Darío Aguirre Arvizu, dónde además se nos invitó a tomar un curso semestral de biomecánica impartido por el Dr. Carlos Ramírez García ofertado en la línea de posgrado de

antropología física para conseguir una formación complementaria y esto fue lo permitió configurar el presente estudio.

En este breve recapitulado es evidente como el proyecto inicial se ha nutrido de muchas temáticas y eso posibilitó diversificar el tipo de estudios que en un inicio jamás hubiéramos imaginado. Por último debo mencionar que el proyecto ha sido financiado por nuestras familias, amigos y nosotros, desde los pasajes, las cámaras y videocámaras, los equipos complementarios de medición: básculas, cintas métricas, el aparato de rastreo ocular, los viajes por la república mexicana, etc. Existiendo especial agradecimiento a la profesora Ortega Palma que a pesar de poner a nuestra disposición el equipo de radiografías en la escuela sólo se logró que un acróbata asistiera a las instalaciones de la escuela, mientras los demás casos argumentaron complicaciones de distancia, por lo que en adelante se optó por laboratorios privados para las radiografías. Por otro lado el antropómetro siempre complementario a los instrumentos de medición fue prestado por el laboratorio de somatología de la ENAH.

4.2. Los malabaristas élite

Para el estudio de la práctica de malabares en éste grupo se eligió el tipo de lanzamiento descrito como activo, que se realiza con clavos o mazos porque su estructura permitía contabilizar mejor las vueltas que daban en el aire y se optó por trabajar con aquellas personas que dominaran, mediante una rotación (ocho lances y cinco recepciones) cinco clavos en modalidad cascada, en un tiempo medio de tres segundos; esto implica que nunca se caiga un elemento durante el lance y conlleva a un circuito de coordinación motora más especializado y debido a que la búsqueda se centró en empresas de circo radicadas en México, siempre se respetaron los lineamientos legales y en última instancia el interés de los participantes.

La justificación que ofrezco sobre el “¿por qué?” la recolección de casos fue situada en diferentes empresas de circo tiene que ver con la posibilidad de encontrar un concentrado de individuos especializados en dicho arte en

comparación con otros espacios. Materialmente puedo asegurar que los circos son el medio que ofrece la mayor variedad de individuos que mezclan técnicas y especializaciones de lance con diversos objetos, aunado al hecho de que uno puede encontrar en sus practicantes muchos gradientes en la expresión de la coordinación motora. Insisto, es un fenómeno predecible dado que en dichos nichos esta forma de actividad física es valorada como una profesión y cómo tal se capitaliza, por lo que:

Asumo evidente que hay malabaristas quienes por otros medios independientes a una formación circense logran un nivel de élite en sus ejecuciones, pero en el caso de este estudio existió la cortapisa del contexto *a priori* y como tal se señala. De ahí que los cuatro malabaristas elegidos son artistas de circo con proyección internacional, sus ejecuciones puede ser corroboradas en videos que ellos mismos circulan para su contratación, difundidos a través de internet. Así opte por no integrar a malabaristas de otros nichos a pesar de tener la posibilidad.

No existió otro criterio de selección adicional; no importaba si eran hombres o mujeres, niños, jóvenes o adultos, nacionalidad, clase socioeconómica, perfil racial, problemas médicos, dado que en última instancia esos datos sólo tendrían importancia sí se trataba de un malabarista élite y de circo, como criterio selectivo básico.

El estudio integró a cuatro malabaristas de circo que reúnen el perfil élite, la edad referida es correspondencia entre fecha de nacimiento reportada y día de captura de datos antropométricos y de vídeo, de ahí que este expresada con decimales:

Nombre	Sexo	Edad	Nacionalidad
Brian Dresdner	♂	26.3 años	Argentina
Rogério Piva	♂	24.8 años	Brasil
Christopher AtaydeStoinev	♂	12.9 años	Estados Unidos de Norteamérica
Morris Rodríguez	♂	21.2 años	Panamá

Dichos participantes resultaron de los vínculos generados por el proyecto de “*Etnografía de los circos tradicionales de México*” que aun continúa en expansión, el cual valida años de acercamiento y conocimientos previos sobre la población. Agradezco infinitamente su disposición a colaborar con el proyecto. Las observaciones y la recolección de información se efectuó con el previo consentimiento informado y respeto a sus deseos.

4.3. Protocolo de Entrevistas

Es importante señalar que sería ideal pensar en un estudio longitudinal que permitiera tener una rigurosa descripción sobre la forma en que se van adquiriendo y especializando las habilidades motoras asociadas a la práctica de los malabares ligado a un contexto como lo es circo, pero por razones que van desde lo económico a lo temporal esto no es viable. La manera de acercarse a la información que permita hacer inferencias sobre el desarrollo de las habilidades es a través de las entrevistas, para lo que se formularon una serie de preguntas que al ser rigurosamente aplicadas suministraron la descripción y registro de la etapa de la vida en la que iniciaron las prácticas de entrenamiento los ahora malabaristas élite, así como las edades en que lo efectuaban, reportando la identificación de los avances, como resultado de la experiencia acumulada a lo largo del tiempo.

La investigación se centró en identificar las etapas de aprendizaje y su relación con los periodos del desarrollo. Así como los elementos de la técnica que conduce a la especialización, para lo que se definieron cinco componentes de estudio, donde los primeros tres (A,B,C) conforman el núcleo cualitativo de datos del estudio, mientras que los últimos dos (D,E) representan componentes derivativos.

Además gran parte en el diseño del estudio fue posterior a tener todo el protocolo de entrevistas. Reitero: la aproximación por agrupación de material etnográfico fue previa al diseño del estudio, y consecuencia de varios acercamientos originados por otros proyectos.

A	Adquisición de gestos motores en relación a las etapas de crecimiento y maduración
Reactivos: 2, 7, 10, 11, 14, 18, 20	<p>-¿A qué edad los comenzaste a practicar?</p> <p>-¿Qué partes de tu cuerpo usas para hacer los malabares?</p> <p>-¿Puedes identificar lapsos o momentos donde tu nivel de ejecución haya parecido detenerse en un margen o nivel por un periodo?</p> <p>-¿Puedes recordar los años en los que lograste dar un salto de mejora en tu ejecución, en qué consistió, y cómo te percatabas de esa diferencia, cómo se hacía notoria?</p> <p>-¿Es importante la fuerza muscular para realizar de mejor manera/forma más eficiente/más precisa los malabares (buscar su noción de rendimiento)?</p> <p>-¿Cuál es la importancia de la técnica para el rendimiento?</p> <p>-¿Cómo influye la visión al momento de ejecutar los malabares, en el momento que están en el aire hasta donde llega tu visión, cómo controlas los objetos usando la visión? (La idea es entender: ¿Cómo entrena la visión periférica y visión central para los malabares, y si una sería más importante que la otra?)</p>
B	Elementos que definen el aprendizaje de los malabares y los componentes que hacen evidente su progreso en el dominio de la práctica; sincronización, rapidez y número de elementos en el aire.
Reactivos: 5, 6, 8, 9, 12, 15, 16, 21	<p>-¿Qué te costo más trabajo de dominar al momento de ir practicando?</p> <p>-¿En qué consiste medir un lanzamiento?</p> <p>-¿Después de cuánto tiempo empezaste a mejorar en tus lances, rapidez y número de elementos?</p> <p>-¿De esos tres atributos cuál fue el más difícil y cuál fue el más fácil?</p> <p>-¿Cómo era tu rutina (descripción de sus primeros entrenamientos; cómo empezaban y que hacía a lo largo de la sesión): duración, forma y técnica?</p> <p>-¿Cómo te das cuenta que llegas a tú nivel de fatiga (cómo podrías describirlo)?</p> <p>-¿Cuánto tiempo te tardas en sentir fatiga?</p>

	-¿Cuánto tiempo te llevó para ejecutarlos al nivel que tienen hoy?
C	El entrenamiento/aprendizaje. El contexto familiar como fuente de motivación en el aprendizaje
Reactivos: 1, 3, 4, 17, 19, 23	-¿Cómo aprendiste los malabares? -¿Quién te los enseñó y cómo era su técnica? -¿Con qué instrumentos los aprendiste a hacer? -¿Qué tipo de ejercicios realizas para evitar la fatiga muscular? -¿Cuál es la técnica correcta para hacer los malabares: posición de rodillas, pies, manos, muñequero, mirada? ¿A tu criterio qué es lo que hace a un buen malabarista (la idea de cómo se puede medir o estandarizar)?
D	Práctica y riesgo de lesiones
Reactivos: 13, 22, 24, 25	-¿Con que elementos realizas actualmente tus malabares? -¿Cuánto tiempo practicas diario actualmente y en que constan tus prácticas? -¿Hay un tipo de lesión recurrente en los malabaristas, de haberla cuál es? -¿Existe algún tipo de dieta o rutina de ingesta de alimentos que a tu experiencia ayude a mejorar tu ejecución?
E	¿Existe un perfil antropométrico desde la visión de los practicantes?
Reactivos: 26.	-¿Consideras existe un tipo de cuerpo recurrente en los malabaristas profesionales que conoces?

Quede claro que la tabla resumida en factores condensa de una manera técnica la información que se requería para el diseño del estudio. Sin embargo su aplicación en campo, no fue tan organizada, y existió mucha contradicción al momento de rescatar la parte vivencial. Simplemente versiones diferentes podrían descalificar la veracidad de algunos de sus relatos.

4.4. Materiales

Kit de medición	Antropómetro, cinta métrica metálica retráctil, plicómetro, báscula, segmómetro, calibre para diámetros óseos, cronometro.
Marcadores	<i>Pegatinas/adherentes/stickers</i>
Cédula antropométrica	Preferentemente en papel para facilitar la captura
Círculo	De papel cascarón o material afín con dimensiones conocidas e internamente dividido en tres partes idénticas de 120°. En este caso se rellenó cada parte con diferentes colores (rojo, negro, amarillo) y se forro de hule cristal, para una mejor presentación y utilidad.
Tres trípodes con sus respectivas videocámaras	Preferentemente idénticas o semejantes en resolución de pixeles para una homogeneidad en calidad y en dimensiones físicas -para <i>facilitar la ubicación de la altura con sus pares</i> -. En este caso se usaron dos marca Sony Handycam Full-hd 32x Hdr-cx220 1080p y una cámara Fujifilm FinePix S2950 con opción de grabación en vídeo HD.
<i>Eyetracking casero o de instrumentación clínica bajo marcas comerciales.</i>	Sobre este aparato, existen varias marcas comerciales que lo ofertan, cada una con cierta variabilidad en modos de captura, que por generalidad operan bajo principios uniformes, por lo que perfectamente pueden adaptarse a éste y otros estudios, sin embargo se eligió construirlo de manera casera, debido a su bajo costo al compararse con el de marcas comerciales. Los requerimientos esenciales y pasos detallados de construirlo están especificados en el artículo de Kowalik 2010, ahí se la videocámara infrarroja posa sobre unos lentes, pero para este estudio se adaptó a un casco de construcción. Por lo que en resumen se requiere: un casco de construcción, una mini cámara para grabar con buena calidad en exteriores que procese en vídeo AVI (740x430 30 FPS), que preferentemente capture en tarjeta Mini SD y con dimensiones de 55mm x

	20mm x 18mno semejantes, una web-cam con buena resolución, negativo de película, tubos termoretráctiles, tiras de sujeción o alambre, y seguir los pasos de ensamblaje detallados en textos como el publicado por Kowalik en 2010, por la “ <i>Universidad de Tecnología de Pomerania Occidental</i> ” de Polonia.
Paquete de Hilo, tijeras y nivel de hilo	En este caso resultó práctico cortar cinco metros de hilo para ubicar las distancias del punto “A” a los otros tres puntos: B ¹ , B ² , B ³ . Sobre el nivel de hilo es una forma de asegurar que la altura de los trípodes y la posición de las videocámaras no varíe entre sus pares alterando ángulos de captura.
Ropa de medición	Short de licra y playera de tirantes
Asistentes	Es ideal tener al menos dos personas que ayuden al montaje previo a la captura; desde tomar dictado de las mediciones de la cédula hasta verificar los trípodes. Además es ideal que cada una de las videocámaras seresguarden y manipulen bajo cargo de personas que de antemano conozcan el proyecto.
La autorización	Por consentimiento informado de su participación

Nota: Es importante reiterar que el solo uno de los cuatros malabaristas posibilitó el uso del eyetracking correctamente. Aspecto que se apunto en el apartado de enfoque teórico. La propuesta inicial del montaje en anteojos, no resulto viable para capturar la conducta ocular cuando la posición de la cabeza y cuello flexionan para orientar la mirada al cielo. Posición inherente al lance activo. Dado que las capturas eran al aire libre, y fueron pactadas con cada malabarista por separado, la mejora que ocurre cuando el aparato se monta en un casco de construcción y se sujeta a una barra de seguridad *-que permite posicionar el correcto ángulo para captar el desplazamiento de las pupilas-* solo fue capitalizada por un malabarista élite: Morris. Por este detalle el gesto motor de la visión estereoscópica iba a ser eliminado del estudio, pero después de algunas lecturas se decidió que sí era relevante reportar los errores y lo obtenido.

4.5. Perfil antropométrico

La cédula original se construyó con una serie de medidas que si bien no se incluyen en el presente análisis se podrían retomar en otro momento; cuatro básicas, ocho de pliegues subcutáneos (panículos), once circunferencias, doce de longitudes, y seis de diámetros. Para las que se usó: antropómetro, cinta métrica metálica retráctil, plicómetro, báscula, segmómetro y calibrador para diámetros óseos. La cédula y técnica métrica a detalle, la encontraremos en los estatutos del ISAK.

Para el diseño de nuestra ecuación, usaremos dos diámetros óseos, seis longitudes y dos medidas básicas que son; altura de pie (estatura) y estatura sentado, está última establece un valor métrico a dos segmentos: Cabeza y tronco. Conforme a protocolo lo idóneo es tomar tres mediciones y usar el promedio, abajo el cuadro resumen:

Básicas	Estatura	De piso a Vertex	Adaptación del modelo de 14 segmentos	
	Estatura sentado	Cabeza + Tronco		1-2
Longitudes	Acromiale-radiale	Hombro a codo		3-4
	Radiale-Stylian	Codo a muñeca		5-6
	Midstylian-dactylion	Palma de la mano		7-8
	Trocánter-Tibial Lateral	Muslos		9-10
	Tibial Medial-Esfiriotibial	Piernas		11-12
	Longitud del pie	Pie		13-14
Diámetros	Biacromial	Anchura de hombros		
	Biiliocrestal	Anchura de cadera		

Nota: otro propósito es que al mudar a fotogramas la secuencia de vídeo del lance activo, se marquen estas líneas sobre las fotos, que más adelante guardarán proporción con las medidas reales. De manera esquemática la cedula a usar será como la de figura 4.1.

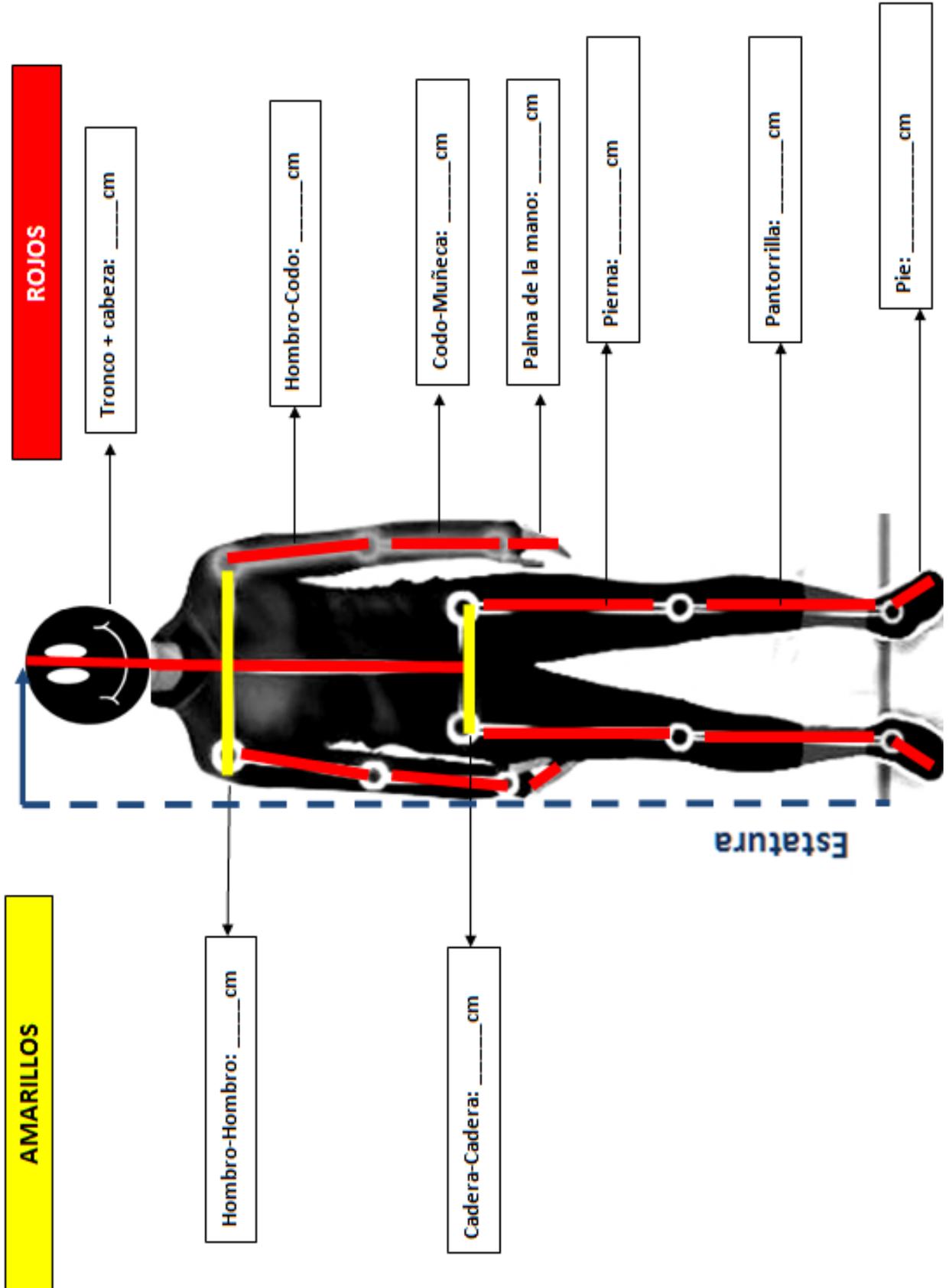


Fig. 4.1. Cedula con las medidas necesarias para la ecuación por vértices.

Esas medidas son las que nos permitan conocer la longitud y anchura real de las dimensiones corporales, y así escalar los fotogramas provenientes de tres videocámaras complementarias para hacer el proceso de composición por proyección de ángulos: estereofotogrametría.

Dicho punto se logrará mediante una plataforma de diseño digital. Aquí se usó el software AUTOCAD 2010, para escalar las líneas que segmentan el cuerpo con los valores de las dimensiones reales, por ello la importancia de tomar medidas precisas. Este paso se puede efectuar con otro software de diseño, o en caso básico de manera manual. La ecuación tiene a fin demostrar en lenguaje formal cómo opera el análisis de las capturas del fenómeno que medimos y explicar la creación tridimensional.

4.6. La estereofotogrametría:

Ya antes había justificado que el estudio del movimiento humano (kinesiología) compete a la antropología física porque da cuenta de un proceso inherente a nuestra naturaleza. Es importante entender al movimiento como un fenómeno de múltiples aristas y con diversos niveles de expresión, por lo mismo al decir que se pretende estudiar el movimiento es necesario delimitar sus componentes y hay que situarse en una pequeña parte de su continua expresión.

Siempre hay que tener en cuenta que los marcos que se elijan para abordarlo determinarán el tipo de información que se requiere para entender su significado así como la pertinencia de los datos en diferentes contextos, en el caso particular de la presente investigación se focaliza describir los gestos motores que serían medulares para llegar a ser malabaristas élite.

Existen diversas maneras de analizar los gestos motores, las cuales dependen generalmente de los recursos con que se cuente para la investigación. Para este caso se eligió la estereofotogrametría como técnica para describir el movimiento manifiesto como “muñequero” y “posicionamiento del cuerpo”, porque es una propuesta que ya ha sido empleada en estudios semejantes para elaborar los cálculos de trayectoria de los ángulos y ha ofrecido buenos resultados (Cretu, et

al, 1999; Espinoza, 2001; Potop, et al, 2010; Yakimovsky, y Cunningham, 1978). Para describir el gesto motor de la “visión estereoscópica” se eligió la metodología de rastreo ocular (*eyetracking*) que ofrece la posibilidad de valorar la orientación del foco de la visión al momento de efectuar el lance activo en los malabaristas, la cual viene abordada en el siguiente apartado.

La palabra estereofotogrametría, proviene del griego Stereós que significa sólido, aunque se usa también en la formación de neologismos que denotan “tres dimensiones”, de Phôs-Phothós que quiere decir luz y métron que significa medida” (Llagostera, 2003:129).

La estereofotogrametría en los estudios de movimiento humano tiene una vinculación directa con el hecho de que el cuerpo humano existe en una composición tridimensional del espacio, por lo que todo movimiento que se efectúe puede ser analizado con esta técnica. El requerimiento es que se pueda hacer una composición de la imagen usando tres ángulos, lo que se puede lograr con una captura a través de tres videocámaras que al ser trabajadas en fotogramas segmentan por fracciones de tiempo el movimiento efectuado.

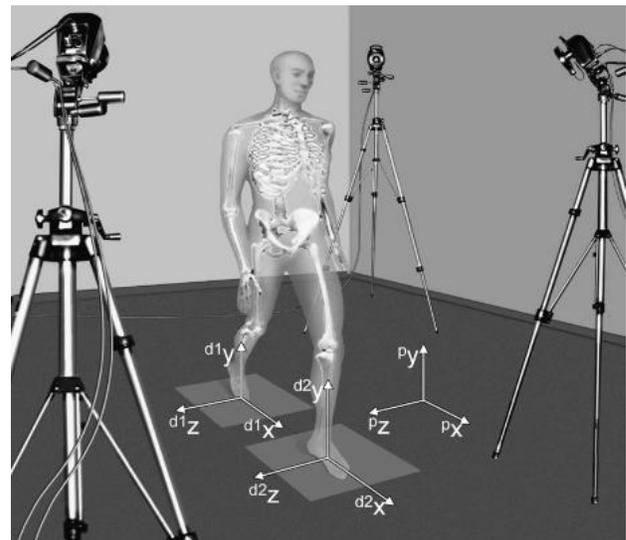


Fig.4.2. Análisis del movimiento humano usando estereofotogrametría. (Cappozo, A. et al, 2005:189)

Siendo muy técnicos es posible implementar la estereofotogrametría con dos videocámaras (fotogrametría de imágenes pares) si se efectúa una ecuación de corrección predictiva en las coordenadas (Gimel'farb, et.al. 1972), o con solo una videocámara y muros de espejos, obteniendo una captura de “*vista múltiple de perspectivas*”, propuesta que se conoce como “*estereofotogrametría espejo*”

(Woltring, 1980). Originalmente la “*estereofotogrametría convencional*” utilizó como configuración canónica que los ejes ópticos entre dos videocámaras fuesen paralelos, pero gradualmente los parámetros fueron reconfigurándose (Jawed y Morris: 2009), es por eso que muchos trabajos definen que la estereofotogrametría requiere solo de dos ángulos para configurar una reconstrucción tridimensional, premisa que en efecto es correcta.

Más allá de esto, la síntesis es; que el principio con el que se trabaja es la superposición de imágenes fotográficas, que opera siempre bajo los principios de la fotogrametría que es “*la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado*” (Jauregui, 2001:1).

En nuestro caso, cada una de las tres videocámaras usadas para la captura irradia su propio sistema de coordenadas, por tanto el eje de óptico de cada una las videocámaras define coordenadas X, Y y Z. Más adelante las dimensiones de pixeles de largo y anchura de cada fotograma serán escaladas en AUTOCAD con la estatura, como valor real conocido.

Ramon Suarez detalla:

“El origen O_i (donde i es el número de la cámara) es el punto focal o focos de cada cámara. La proyección de este sistema de coordenadas sobre la imagen, forma el sistema de coordenadas de la imagen (SCI) cuyo origen es el punto principal, el cual está alineado con el punto focal del lente. Asumiendo que la imagen es plana, se elimina un eje y los otros dos son denominados u_i y v_i respectivamente, para evitar confusión entre la imagen y las coordenadas de la cámara (Ramon, 2008:89)”

La fotogrametría se ha empleado desde hace tiempo en diversas disciplinas, uno de los trabajos pioneros en su uso fue el de Braune y Fischer en 1987 titulado “*The human gait*” escrito originalmente en alemán y generalmente citado con regularidad debido a que el tema que aborda se consolidó a lo largo de varias décadas como un fenómeno fascinante: La forma en la que efectuamos la marcha los seres humanos.

Actualmente analizar cartográficamente tres ejes espaciales a través de imágenes no es tan costoso, además de que estos conocimientos tienen un sin número de aplicaciones en la vida tecnológica; sólo baste usar el google maps y acceder al servicio de *streetview* -provisto por esta plataforma- que está basado en una serie de la capturas fotográficas que han sido superpuestas una sobre otras para ofrecer la dimensionalidad en tres planos cartesianos o softwares de animación que permiten trabajar con infraestructuras digitales y expresar su movimiento en más de tres ejes. Como dato interesante se puede decir que existe todo un grupo temático que orientó la organización internacional llamada ISPRS (por sus siglas en inglés: International Society of Photogrammetry and RemoteSensing) que desde su conformación ha trabajado para difundir esta técnica en terrenos cada vez más amplios. Pero independiente a dichos progresos conviene aclarar algunos detalles en su aplicación general, de forma imaginaria efectué este ejercicio:

Todas las mañanas al levantarse una de las primeras acciones que realiza es la de cepillarse los dientes. Dicha actividad la ejecuta semiconsciente dentro de su baño, frente al espejo, en 3 minutos, con una técnica de tallado que es efectuada con una rapidez y dominio secuencial en cada fase que compone dicho fenómeno; Comienza con la deposición de dentífrico en su cepillo para después dar paso al proceso de limpieza de cada diente, acostumbra cambiar de mano y dirigir el cepillo en razón de qué cuadrante bucal talla, para terminar hace una gárgara y se enjuaga la boca.

Ahora imagine que le proporcionan un vídeo obtenido por una videocámara puesta detrás del espejo donde realiza su cepillado y adjunto un cuestionario. Al revisar las preguntas encuentra una difícil tarea al tratar de responder planteamientos como: ¿el tallado dental se realizó únicamente con la mano izquierda o derecha?, si uso ambas manos ¿en qué proporción porcentual de tiempo cada una? , ¿en qué dirección tallo los tres molares maxilares del cuadrante izquierdo y por cuánto tiempo?, ¿cuánto tiempo le dedico al tallado de lengua y en qué dirección lo efectuó?, ¿cuántos cepillados le dedico a los incisivos centrales?, ¿en relación proporcional que dientes talla más y cuáles menos?, etc....

Entonces ahora sabe que una buena idea para contestar dichas preguntas es descomponer el vídeo en fotogramas, lo que le permitiría una valoración detallada de cada movimiento, considere que su valoración depende únicamente de los datos arrojados por el vídeo. Aspectos como la posición de captura o sus movimientos fuera de la misma, pueden hacer que toda estimación pretendida sea inútil. Fantaseé que baila o gira todo su cuerpo dándole la espalda al espejo en varias ocasiones o que generalmente la grabación sólo muestra de la mitad de la boca hacia arriba o por el contrario de la mitad hacia abajo, en cada caso la precisión de la captura es fundamental y por tanto limita responder algunas preguntas.

Avancemos con el planteamiento, debido a que todo en la grabación es aceptable, entonces decide ser convencional y descomponer cada minuto en 60 fotogramas. Ahora tiene 180 fotogramas, pero justo después de fraccionar por el criterio de fotograma por segundo se desconcierta al ver que no le queda claro el número de veces que talló ciertos dientes, porque parece que un segundo está compuesto por más de un movimiento de cepillo. Esto cada vez es más tedioso, decide que cada segundo lo fraccionara en diez fotogramas, por lo que al final tiene 1800 fotogramas, que de manera más aproximada le permitirían responder las preguntas.

Sin duda existe un avance en la descripción del fenómeno del cepillado de dientes, pero esa descripción no pasa de ser una planimetría de movimiento que si bien es útil, podría ser mejor. También sabe que sí le proporcionan dos videos más –o al menos uno más-, de ese mismo fenómeno del cepillado de dientes, pero ahora con los ángulos que complementan esa acción, para que haga lo mismo, estará aplicando la estereofotogrametría, entonces; ¿Cuántos fotogramas tendría que hacer?, ¿En función de qué sería más útil los fotogramas de un ángulo versus de otro?, ¿Qué implica una composición de ángulos?, ahora queda claro que esta técnica involucra una mayor dedicación de tiempo y esfuerzo para analizar el fenómeno pero amplía la información del mismo.

Es por eso que la elección de una técnica de análisis de movimiento como la estereofotogrametría no necesariamente es apta para el estudio de muchos problemas. Realmente es muy laboriosa sólo con la finalidad de lograr un “*acercamiento*” un poco más completo para describir un fenómeno; debido a que la captura en vídeo de cualquier movimiento requiere ser fraccionada en fotogramas, se prefiere que la acción a valorar sea breve.

Siempre hay que recordar que una constante es: Entre más fotogramas compongan el lapso donde ocurre el fenómeno a estudiar, las estimaciones que se logren serán más ricas, detalladas y precisas. Y que en último caso la elección fraccionaria en la que se divide el lapso es específica para cada fenómeno a valorar.

Ese último punto es excepcionalmente importante; no existe una fórmula que indique convenientemente que parámetro usar. Si bien es ideal la segmentación por muchos fotogramas en un periodo mínimo, la causa que en origen segmenta el fenómeno que se pretende analizar es la variedad de fases que lo componen: No es lo mismo estudiar un lance de dardos, que una secuencia completa de una gimnasta olímpica.

En cuanto a estándares que expresan como dividir una fase respecto a otra, encuentro que es muy dependiente de qué y quién este analizando el fenómeno, esas ideas de inicio, intermedio y fin, son meras composiciones electivas en cada estudio.

En el caso que compete, analizar la rutina de inicio a fin de lance en los malabaristas élite, detallamos que la duración es poco variable, fluctúa entre tres y cuatro segundos dependiendo el malabarista, esto es congruente a lo esperado por su común adscripción élite.

Resta ubicar en que los fotogramas idénticos que reportan el contenido de cada una de las catorce fases en el lance y recepción de las clavas.

He redactado en forma sencilla instancias bajo las cuales la estereofotogrametría es factible pero el problema de ¿para qué analizar? o ¿cómo analizar? necesita dos precisiones:

La descripción detallada del fenómeno de movimiento humano requiere parámetros, que permitan desmenuzar de forma práctica lo que se analiza y esto aunque depende de su técnica de captura, también subordina a nuestro interés. Y aquí lo importante son los “arcos articulares” que describen el desplazamiento en dos gestos motores.

Para lograr tener los arcos articulares de cada fase del lanzamiento, debemos reconstruir el cuerpo humano en un modelo tridimensional. Eso requiere un buen diseño de captura y hacer las mediciones antropométricas correctamente. Si estos procesos fallan, la ecuación por vértices no funcionará.

a) La captura de secuencias mediante el uso de tres videocámaras (estereofotogrametría).

La idea de vincular un punto como foco de acción es una manera de limitar el espacio de ejecución de los malabaristas élite, esto corresponde en sí mismo a una característica impuesta en su ejecución normal, sin embargo para lograr ser cuantificados a través de un plano cartesiano de tres ejes (x,y,z), era necesario ubicar un espacio delimitado físicamente por lo que se construyó un círculo de papel cascarón con un radio de 26.9cm, diámetro de 53.8cm y una longitud de circunferencia o perímetro de 169cm que sirvió como foco para ubicar la distancia entre los trípodes y sus respectivas videocámaras. Al ser un círculo su división en tres partes iguales quedó segmentada en tres líneas (cada una a 120°) siendo éstas las que trazarían la recta para los puntos **B¹, B², B³**.

En el caso de la distancia del centro del círculo al que en adelante nombraremos punto “A” se tomaron en consideración las especificaciones de apertura de la lente de las videocámaras y se eligió por experiencia de prueba y error una captura que permitiera ver desde los pies a 1.10mts por arriba de su cabeza (que sería un aproximado de lo alto que podrían subir las clavas en la mayoría de los juegos con

cinco clavas). Sobre el punto que se denominó media de los trípodes, se consideró conveniente hacer ajustes en función del tamaño de los participantes. Por lo que cada participante fue medido y la altura media de trípodes es el resultado del cociente de la estatura entre dos.

Fecha de captura	Participante	Estatura	Media de Captura
21/07/2012	Rogerio Piva	177cm	88.5cm
10/11/2012	Brian Dresdner	175 cm	87.5cm
30/07/2012	Christopher AtaydeStoinev	152 cm	76.0cm
16/06/2013	Morris Rodríguez	176cm	88.05cm

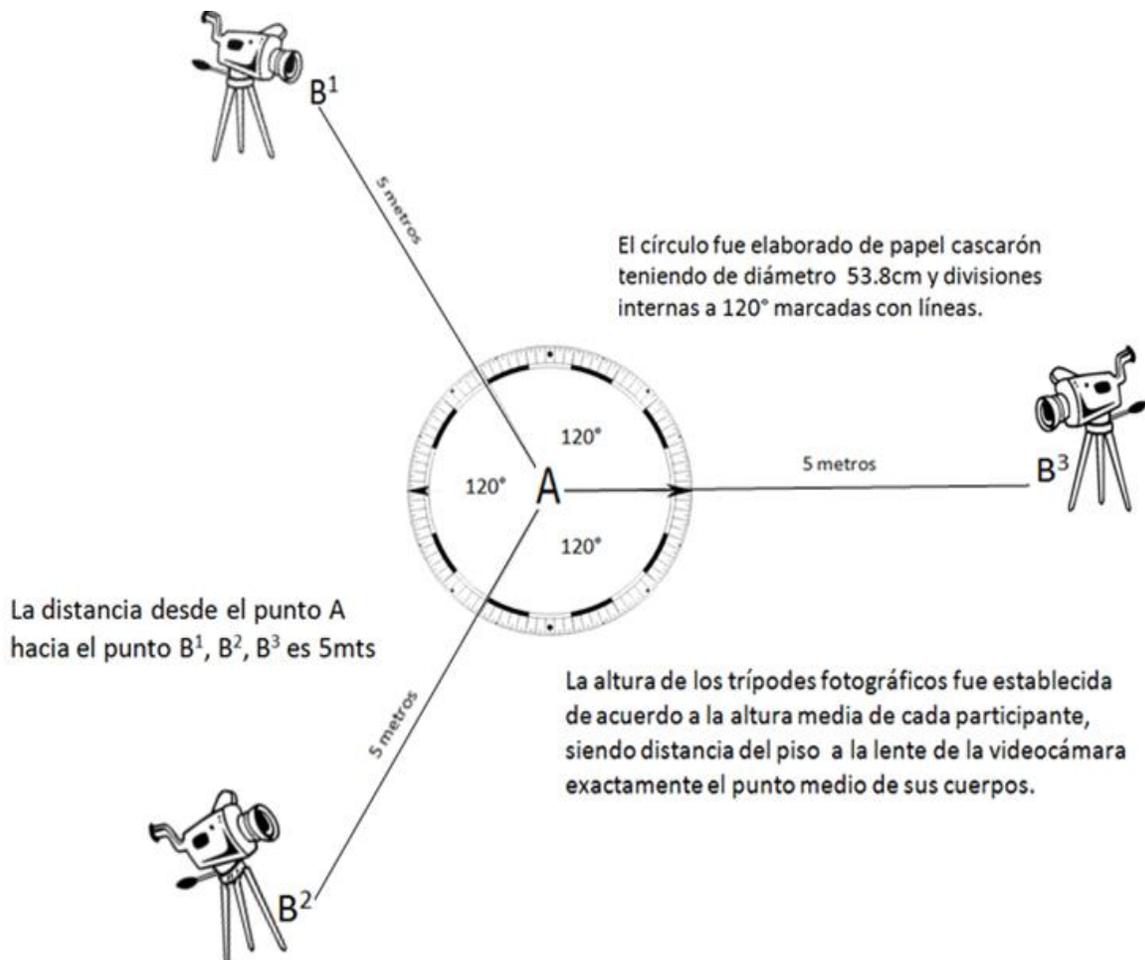


Fig. 4.3. Representación esquematizada del método de captura de movimiento mediante tres videocámaras (estereofotogrametría), adaptado a ciertas especificaciones para el presente estudio.



Fig. 4.4. Captura fotográfica de la ejecución de cinco clavvas en los cuatro malabaristas élités del estudio. De izquierda a derecha: Rógerio Piva, Christopher Atayde Stoinev, Brian Dresdner, Morris Rodríguez.

b) Procedimiento de captura

Los malabaristas son invitados a cambiarse de ropa, para sólo usar un short y “quienes así lo desean” una playera de tirantes, la finalidad es facilitar la toma de medidas requeridas en la cedula somatométrica del estudio y poner “pegatinas/adherentes/stickers” circulares en los puntos de asociación articular clave: acromion (hombro), radiale (codo), stylium (muñeca), para miembros inferiores el trocánter, tibial, y tobillo, de cada lado del cuerpo. Esto facilitará la ubicación de puntos articulares al momento del análisis fotogramétrico en AUTOCAD 2010/13.

Sobra mención que hay quienes rehúsan quitarse los zapatos o prefieren usar un short más largo, por lo que no se debe olvidar que ellos están en todo derecho de mostrar reservas hacia la metodología y es responsabilidad del investigador decidir hasta donde se puede ceder.

Una vez hecho lo anterior, se les coloca dentro del círculo de papel cascaron y se les pone de modo que den la espalda a la línea B1. Es importante asegurarse que todas las videocámaras están colocadas de acuerdo a los lineamientos de distancia y altura, así como asegurarse que los factores exteriores de iluminación y aire no afectaran la ejecución, éste punto debe de ser confirmado por las impresiones del propio malabarista; si se siente cómodo, si no hay un reflejo o luz que le moleste, si es muy oscuro, si hay mucho viento, etc. Todo esto es vital comentarlo antes de continuar.

Si todo se encuentra bajo los lineamientos se entregan las cinco clavav al malabarista y su casco con dos videocámaras integradas (esto último solo fue para el caso de Morris), es importante recordar que la mini cámara atornillada al exterior del casco debe ajustarse a una altura aproximada del entrecejo o en términos técnicos en la glabella (punto craneométrico) y la webcam modificada para la captura del movimiento ocular debe posar en un ángulo que permita reportar el comportamiento de al menos un ojo. En este caso se situaría en la barra de metal que fungirá como columpio a la altura de la boca.

Ahora con el cronómetro marcando en cero se apunta la hora de inicio de captura, al tiempo que se da la indicación de prender las videocámaras, se deja correr cinco segundos y se da la indicación al malabarista de que comience la rutina de lances. Se graba y se hacen las repeticiones pertinentes, en este caso se les pidió hicieran trucos, o integrarán más clavas dentro de otros lances, simplemente bajo efecto de aprovechar la oportunidad de tener a disposición malabaristas tan talentosos.

c) Fase de edición: vídeos a fotogramas.

Es conocido que existen muchos programas de edición de vídeo, en este caso se usó la plataforma de Adobe Premier Pro CS6 2012, pero manifiestamente este paso se puede hacer desde otras plataformas. Lo único que se necesita es correr los vídeos obtenidos por las tres videocámaras e identificar el inicio y fin de la secuencia que corresponde al lance activo a valorar, el siguiente paso es cortar ese lapso para más adelante pasarlo a “n” fotogramas. Hay que usar como guía los datos del cronómetro y las puntualizaciones de la hora donde transcurrió la captura.

Una consideración extra es que para el presente estudio, la homogeneidad en la duración de todas las muestras es un aspecto esperado y valida si los lineamientos establecidos fueron correctamente identificados, en este caso se construyó la tipología de malabarista élite y la tipología de fases de lance, por definición es necesaria esta uniformidad en los lapsos “brutos” de los cuatro malabaristas. Esto se cumplió y todos realizan su ejecución de rotación completa de los cinco elementos(clavas) dentro de los tres segundos “brutos”.

Expuesto de otra manera; el recorte de inicio y fin del lance activo de cascada corresponde a un lapso que es repetitivo en una rutina clásica, por ejemplo si el malabarista puede mantener tres minutos de envíos y recepciones continuas con las cinco clavav, podemos referir que aproximadamente realiza veinte lances activos en un minuto, entonces serían sesenta lances activos en tres minutos.

$$1 \text{ lance activo}=3s$$

Duración promedio de rutina= 1min = 20 lances activos

El conocimiento previo de estos valores y la semejanza en duración del lance entre los malabaristas da un indicio válido del método etnográfico, que postulaba dichas cualidades en los participantes, y dentro de argumento adiciona la funcionalidad de lo establecido mediante las dos tipologías previamente creadas.

Únicamente se detallará el análisis de un lance activo, debido a que la reiteración del mismo compone la expresión continua en la rutina, por lo que se retoma que dicho lapso es la construcción primaria de la “rutina clásica” (sin trucos o variaciones), pero denuncio que es posible que si la rutina incorpora trucos o reveces, la construcción del concepto como unidad debe de ser enriquecida.

d) Obtener el valor de “n” fotogramas.

Este valor es una convencionalidad que se establece a partir de considerar varios aspectos; uno de las más sustanciales es la capacidad de captura de imagen por segundo de nuestras videocámaras (en inglés el FPS “frames per second”), tal vez para los más experimentados este punto es axiomático y sólo basta especificar el modelo de la videocámara y su resolución para dar por sentado las limitantes, pero como breviarío para aquellos interesados:

Hay dos explicaciones sobre la adscripción de parámetros preestablecidos, la primera de ellas proviene de la incorporación de un estándar cinematográfico, donde se encontró que la normalización del sonido en relación con las secuencias fijas de las imágenes arraigaba una naturalidad con un criterio de 24 a 25 fotogramas por segundo. Este criterio emerge de lo que se conoce como el límite de percepción humana que se cimienta en la persistencia de visión, sobre este punto recomiendo el artículo "Temporal sensitivity" de Watson publicado para la NASA en 1986, aclara a detalle estos aspectos. En este caso ese criterio de un mundo de acuerdo a nuestra percepción sometió la segmentación.

Se eligió el patrón de veinticinco fotogramas por segundo por ser el que refiere el límite de la percepción humana, el estudio principalmente es de corte antropológico, entonces sí cada segundo tiene cien centisegundos, y una

centésima de segundo es 1×10^{-2} s, podemos decir que cada fotograma representa cuatro centésimas de segundo.

$$1s = 100cs \text{ y } 1s = 25 \text{ fotogramas}$$

$$1 \text{ fotograma} = 4cs$$

Previamente se señaló que el lance activo se realiza en el aproximado de los tres segundos, entonces tenemos un aproximado de setenta y cinco fotogramas por lance activo:

$$\text{Lance activo (3s aprox.)} = 75 \text{ fotogramas}$$

$$\text{Lance activo} = 300 \text{ cs aprox.}$$

Adelante veremos que dentro de los cuatro malabaristas y a pesar de haber homogeneidad en sus tiempo “bruto” -en referencia a los 3s que es lo que como observador se percibe- hay quienes son centésimas de segundo más rápidos al efectuar el lance activo, y que esta variedad va más allá de una apreciación sutil debido a que articula posibles planteamientos sobre la forma de ejecución.

Recordemos que ésta apreciación se logra una vez que se fragmenta la secuencia de tres segundos en fotogramas que dan cuenta de su progreso cada cuatro centisegundos, para esto se requiere observar con detenimiento los momentos del lance e identificar qué número de fotograma corresponde al lance y recepción de cuál clava. Es en este punto donde sustancialmente se encuentran los primeros datos contundentes, que señalan evidentes diferencias entre los modos de lanzamiento e indican quién es el malabarista que realiza la actividad en más o menos tiempo.

Comparativo entre duración de lances activos	
Brian Dresdner	56 fotogramas x 4cs= 224cs
RogélioPiva	72 fotogramas x 4cs= 288cs
Christopher AtaydeStoinev	63 fotogramas x 4cs= 252cs
Morris Rodríguez	52 fotogramas x 4cs=208cs

Este asomo de datos también permite conocer la cantidad total de fotogramas a migrar a AUTOCAD por cada malabarista, esto mediante la simple triplicación de su captura:

Nombre	N*cantidad de videocámaras	N total
Brian Dresdner	56 x 3	168
RogélioPiva	72 x 3	216
Christopher AtaydeStoinev	63 x 3	189
Morris Rodríguez	52 x 3	156

e) Migrar “n” fotogramas a AUTOCAD.

Una vez que se tiene la secuencia de las ejecuciones de los malabaristas fraccionada por el valor “n”, se procede a conocer las dimensiones de largo y ancho de la imagen, cuya nomenclatura se encuentra en pixeles, mismos que responden a la capacidad de la videocámara, para este caso tenemos dos dimensiones 1920x1080 y 854x480, debido a que dos de las tres videocámaras son similares y la tercera es de menor condición, pero el principio general es que dichas dimensiones deben de ser especificadas como márgenes dentro de AUTOCAD.

La forma de hacerlo es simple, se deben de insertar como objetos y seleccionar la opción desde “*Paintbrush*”, en esa ventana emergente se elige “*cambiar tamaño*” y en la nueva ventana se especifican manualmente las dimensiones en pixeles, como se muestra en la figura 4.5.

Hay que migrar todos los fotogramas a AUTOCAD, en este caso 729. Conviene organizar una etiquetación por carpetas, número y nombre, para facilitar el futuro ensamblaje de sus correspondientes. Lo más deseable sería elaborar el ensamblaje de todo el lance, pero es más práctico identificar el momento del fotograma protagonista en cada fase. Así la composición de tres fotogramas complementarios comprenderían una fase. Y el lance activo tiene catorce fases.

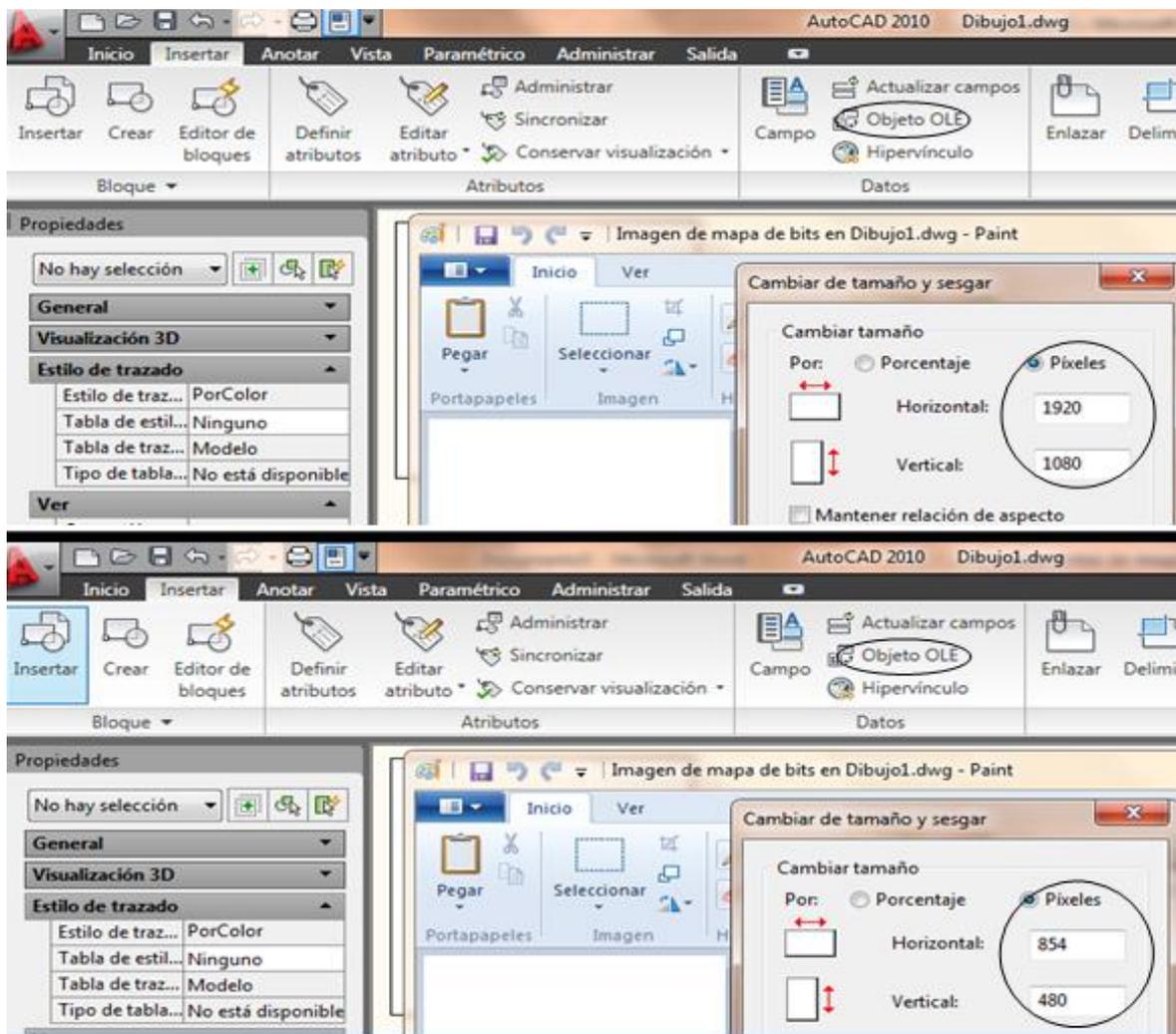


Fig. 4.5. Exportación de fotogramas para ajustar sus dimensiones.

f) Escalar “n” fotogramas y trazado de líneas

Para escalar los fotogramas a las dimensiones reales de los malabaristas: Hay que trazar una línea mediante la aplicación “*métrico*”, que inicie en la planta de los pies y termine en la cabeza (vertex), ese valor numérico relativo representa el tamaño de una “*línea totalmente recta*” que reporta una “*estatura*” con proporciones directamente relacionadas a las distancias entre el ancho y largo del fotograma -*que geoméricamente es un rectángulo*-, cuyas dimensiones están preestablecidas desde el instante que demarcamos sus límites al momento de exportarlos a AUTOCAD.

Ahora para que esa “*línea recta*” se aproxime al valor real de la estatura del malabarista, se requiere tener tres valores: El valor numérico relativo de esa línea

trazada como cifra de la altura del sujeto, el ancho del fotograma -ese valor se encuentra en las especificaciones de la barra lateral de las herramientas de AUTOCAD- y la estatura real, que se conoce previamente por la cédula antropométrica.

Con eso se puede efectuar una sencilla regla de tres para obtener el número que ajuste las dimensiones del fotograma:

$$\frac{\text{Valor de la estatura en cedula antropométrica}^*}{\text{Ancho del fotograma}} = \text{¿?}$$

Valor de la estatura en cédula antropométrica X Ancho del fotograma	¿?
	Valor relativo de línea recta trazada como altura del sujeto

Una vez escalados a dimensiones reales todos nuestros fotogramas, se procede a rastrear y atar cada punto visible pactado en la cedula antropometrica. Imagine que unirá con un hilo tenso cada origen y fin entre las pegatinas situadas en los puntos antropométricos que segmentan el cuerpo de los malabaristas élités. Tomando a consideración que los diámetros biacromial y bicrestal -que componen los valores el sector amarillo-, ajustaran su dimensión real una vez se componga la construcción del modelo tridimensional.

Gracias a las mediciones antropometricas previas y reiteradas, ya conoceremos los valores reales de las distancias, y encontraremos que si se hace bien, estos coincidirán una vez que proyectemos cada vértice en el espacio y choquen de frente con sus homologos complementarios. Produciendo así el modelo tridimensional a escala real.

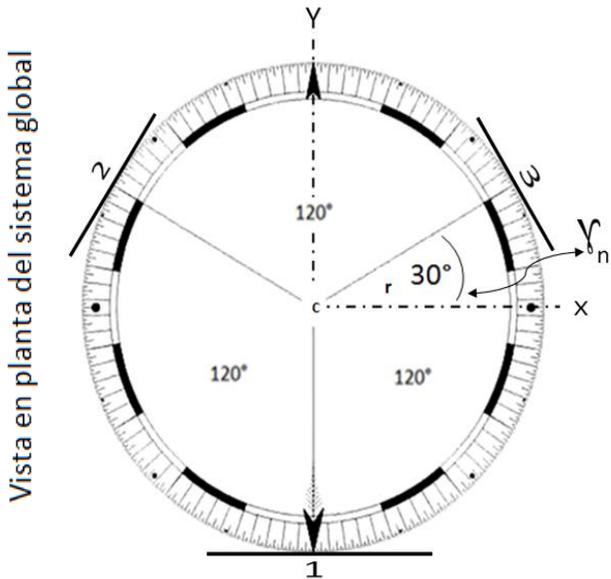
Se tendrá que efectuar este proceso catorce veces en cada malabarista élite. Recuerde que cada fase corresponde a su identico temporal capturado en cada videocámara, como se muestra en la figura 4.6.



Fig. 4.6. Exportación de imágenes para su futura maniobra dentro de AUTOCAD. Fotogramas que corresponden al idéntico temporal del mismo momento visto por tres ángulos complementarios.

4.7. Ecuación del modelo tridimensional.

Método para trasladar coordenadas locales ($x'y'$, $x''y''$, $x'''y'''$) a sistema global



$C(0,0,0)$

$r=5m$

Planos

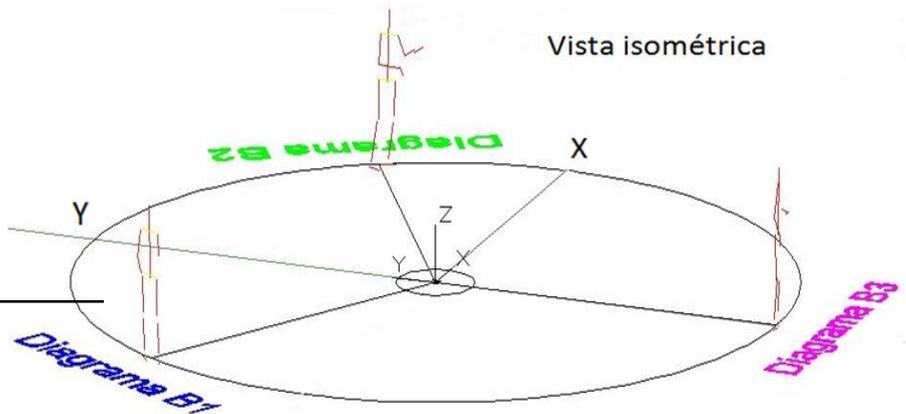
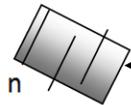
1= $x'y'$

2= $x''y''$

3= $x'''y'''$

n =Cantidad de divisiones de la circunferencia.
Cantidad de videocámaras o ángulos desde donde se captura la imagen 2D, $n=3$.

Los tres planos locales son "normales" al plano global XY



γ_n = ángulo desde el eje X a $r \rightarrow \overline{cn}$

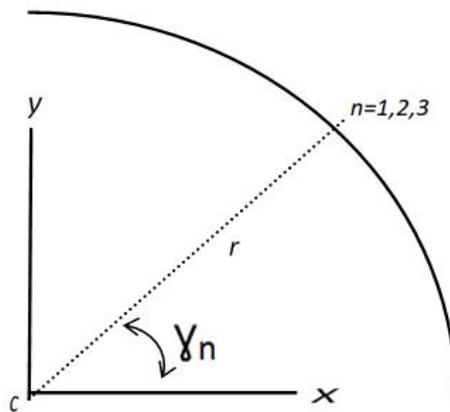
$C(0,0,0)$

$C_n = P_{n0}$ (0,0) ó (X_{n0}, Y_{n0})
local global

Por tanto: $\gamma_1 = 270^\circ$

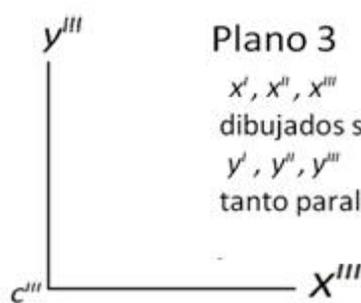
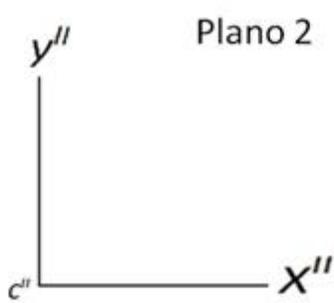
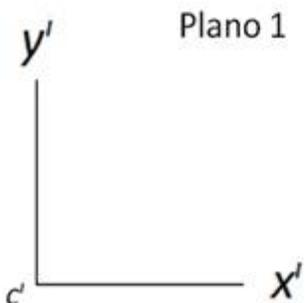
$\gamma_2 = 150^\circ$

$\gamma_3 = 30^\circ$



(Sentido contrario a las manecillas del reloj)

Sistemas locales



Plano 3

x', x'', x''' Ejes coplanares. Los tres dibujados sobre el plano global XY.

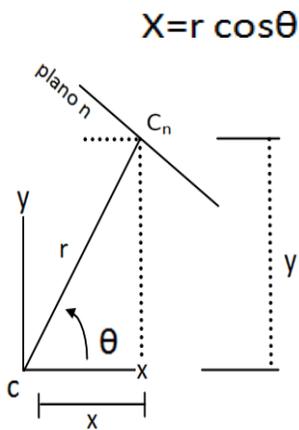
y', y'', y''' Ejes normales al plano XY, por tanto paralelos al eje global Z.

$$Z = y' = y'' = y'''$$

a) Trasladar/convertir coordenadas del origen local n a coordenadas globales

$C_n = (C_1, C_2, C_3)$	$C_1 = (0,0)$	$C_2 = (0,0)$	$C_3 = (0,0)$
$C_n = P_{n0}$	$x'y'$	$x''y''$	$x'''y'''$
Sistema global X, Y, Z			

Abscisa		Ordenada		$\therefore \tan \theta = \frac{y}{x}$
Triángulo rectángulo $\cos \theta = \frac{CA}{H}$ 0°-90°	Eje/plano cartesiano $\cos \theta = \frac{x}{r}$ 0°-360°	Triángulo rectángulo $\sin \theta = \frac{CO}{H}$ 0°-90°	Eje/plano cartesiano $\sin \theta = \frac{y}{r}$ 0°-360°	



$$X = r \cos \theta$$

Al ser valor "vectorial", r se utiliza como un valor absoluto, pues el signo está contenido por definición del propio ángulo θ

$$y = r \sen \theta$$

x = abscisa
 y = ordenada
 θ = ángulo entre "x" y "r"
 r = magnitud radial

Por tanto:

$$X_{Pn0} = |r| \cos \gamma_n$$

$$Y_{Pn0} = |r| \sen \gamma_n$$

$$Z_{Cn0} = 0$$

Con esto el origen local C_n se convierte en coordenadas globales

b) Convertir sistema local n a sistema local ab

Eje $X_n \rightarrow x', x'', x'''$

Eje **a** paralelo al eje **X**

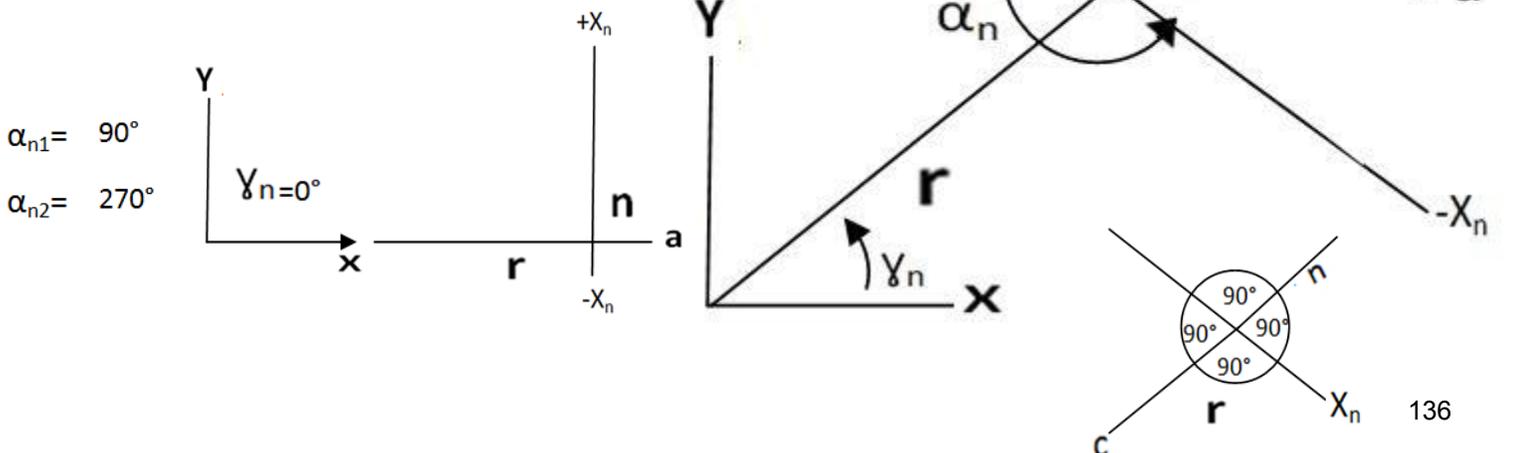
Eje **b** paralelo al eje **Y**

Eje X_n sobre plano n

α_n ángulo entre ejes **a** y X_n

$\alpha_{n1} \rightarrow \alpha_{n2} = \alpha_{n1} + 180^\circ$

$\alpha_{n1} = \gamma_n + 90^\circ \rightarrow \alpha_{n2} = \gamma_n + 270^\circ$



Dirección (signo) del eje X_n dado por ángulo α_{n1} ; segmento de recta que cierra este ángulo desde el eje a (sentido normal contrario a las manecillas del reloj) corresponde a la parte positiva del eje X_n

α_{n1} se usa con $+ X_n$

α_{n2} se usa con $- X_n$

Se calcula sólo una vez por cada sistema n

Abscisa	Ordenada
$\cos \theta = \frac{x}{r}$	$\text{sen } \theta = \frac{y}{r}$

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \text{ sen } \theta$$

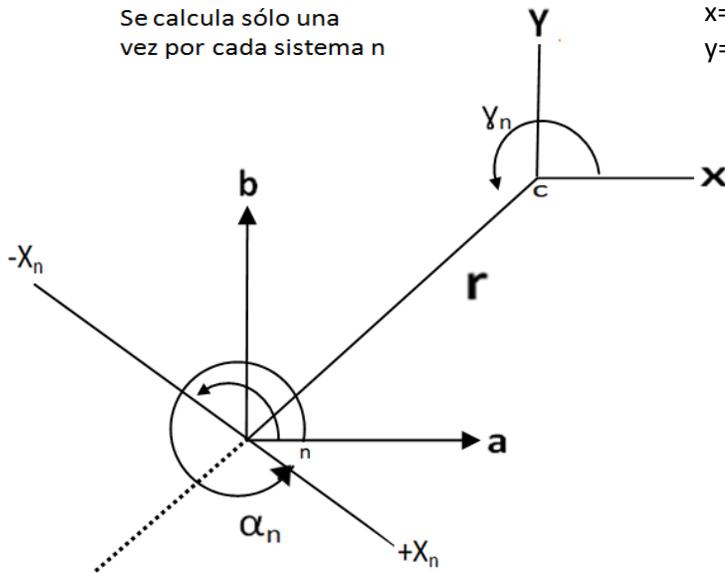
Misma situación que en 1.1 (0° - 360°). Además, al ser valor "vectorial" X_n se utiliza como un valor absoluto

Por tanto:

$$a_{ni} = |X_{ni}| \cos \alpha_n$$

$$b_{ni} = |X_{ni}| \text{ sen } \alpha_n$$

Con esto cualquier coordenada sobre el eje X_n se convierte en sistema local ab , paralelo a ejes globales XY con origen en C_n



c) Trasladar sistema local ab a sistema global XY

Ahora coordenadas de C_n son globales y coordenadas de X_n están referenciadas a un sistema ab "similar" a XY ubicado en C_n . Por tanto:

Por definición: $Z_{ni} = Y_{ni}$

$$X_{ni} = X_{pn0} + a_n$$

$$Y_{ni} = Y_{pn0} + b_n$$

$n \ i \rightarrow i=1,2,3,\dots,18$

i representa cada uno de los 18 vértices de la estructura, ya sea en el armado 2D o en su versión final 3D

$$X_{ni} = |r| \cos \gamma_{ni} + |X_{ni}| \cos \alpha_{ni}$$

$$Y_{ni} = |r| \text{ sen } \gamma_{ni} + |X_{ni}| \text{ sen } \alpha_{ni}$$

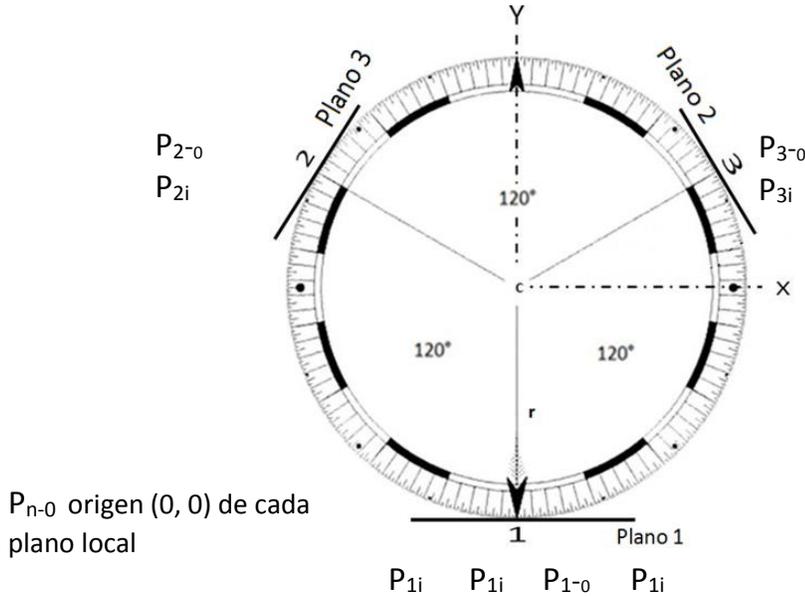
$$Z_{ni} = Y_{ni}$$

Se tendrán n sistemas o conjuntos de i puntos XYZ alrededor de una circunferencia de radio r

d) Proyectar coordenadas X_{ni}, Y_{ni}, Z_{ni} .

Proyectar los puntos en rectas "paralelas" al eje radial r_n en dirección a **C**.

Hasta ahora se tienen las ecuaciones para localizar cualquier punto en el espacio tridimensional, punto que proviene de un plano normal al eje **XY** del espacio **XYZ**, plano representado un número de veces "n" a una distancia **r** del centro **C (0,0,0)** del espacio **XYZ**.



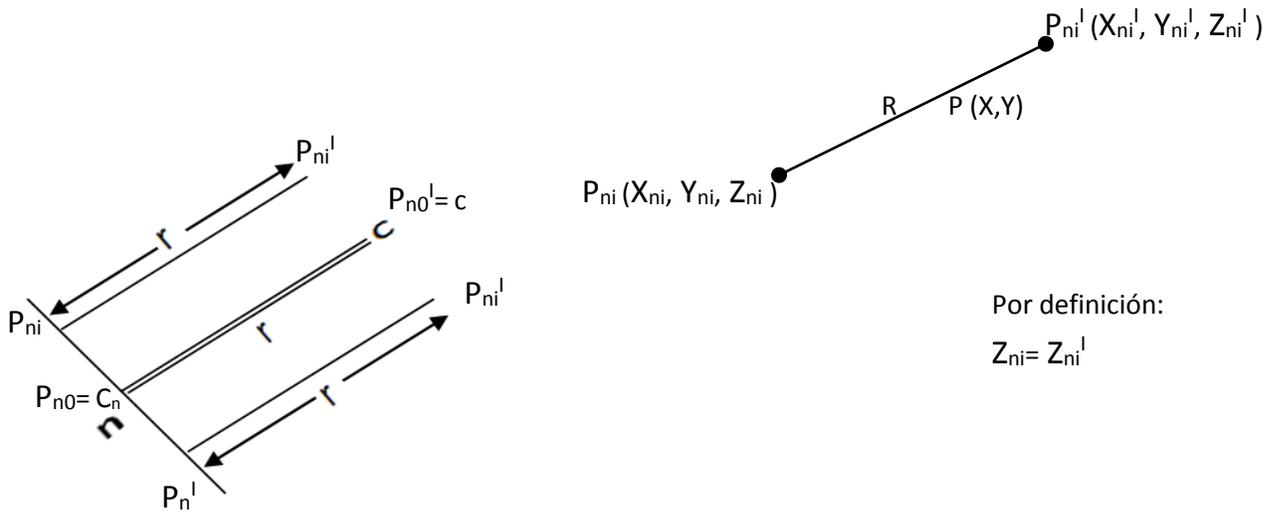
En este caso particular
 $n = 1, 2, 3$

- $P_{1-0} (X_{1-0}, Y_{1-0}, Z_{1-0})$
- $P_{1-0} (0, -5, 0)$
- $P_{2-0} (-4.33, 2.5, 0)$
- $P_{3-0} (4.33, 2.5, 0)$

$P_{ni} (X_{ni}, Y_{ni}, Z_{ni})$
en el espacio global

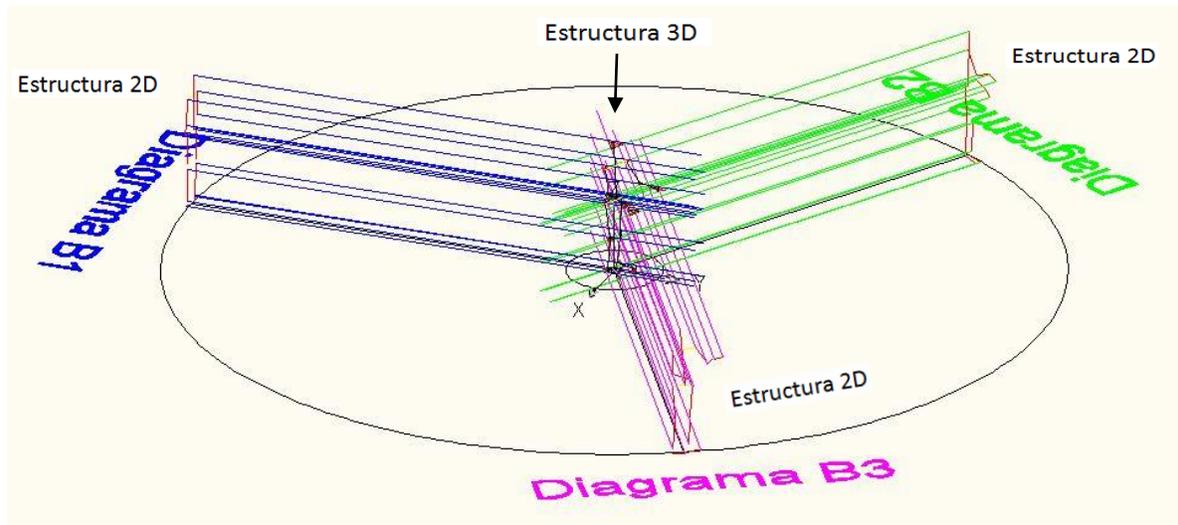
$p_{ni} (X_{ni}, Y_{ni})$
en el plano local

e) Obtener la ecuación de la recta que pasa por dos puntos conocidos P_{ni} y P_{ni}^I , rectas que actúan en el plano paralelos a XY.



Por definición:
 $Z_{ni} = Z_{ni}^I$

La recta(s) donde $P_{ni}^I = C$ y por tanto $P_{ni} = P_{n0} = C_n$ define a la circunferencia de radio r y con centro en C y las rectas $\overline{P_{ni}^I P_{ni}}$ son las proyecciones de los puntos localizados en los planos locales, proyecciones necesarias para el ensamble de la estructura 3D final.



La pendiente de dos rectas o segmentos cuyos puntos pertenezcan a una misma recta, son iguales.

Pendientes $m(P_{ni} P) = m(P_{ni} P_{ni}^I)$
--

$$m(P_{ni} P) = \frac{Y - Y_{ni}}{X - X_{ni}}$$

$$m(P_{ni} P_{ni}^I) = \frac{Y_{ni}^I - Y_{ni}}{X_{ni}^I - X_{ni}}$$

Si:
 $X_{ni} = X_{ni}^I \rightarrow$ Pendiente indeterminada por tanto ecuación de la recta será:
 $X = X_{ni}, Z = Z_{ni}$
 $Y_{ni} = Y_{ni}^I \rightarrow$ Pendiente cero o nula por tanto ecuación de la recta será:
 $Y = Y_{ni}, Z = Z_{ni}$

Igualdad de pendientes:

$$\frac{Y - Y_{ni}}{X - X_{ni}} = \frac{Y_{ni}^I - Y_{ni}}{X_{ni}^I - X_{ni}} \rightarrow Y - Y_{ni}(X_{ni}^I - X_{ni}) = Y_{ni}^I - Y_{ni}(X - X_{ni})$$

$$X_{ni}^I Y - X_{ni} Y - X_{ni}^I Y_{ni} + X_{ni} Y_{ni} = X Y_{ni}^I - X_{ni} Y_{ni}^I - X Y_{ni} + X_{ni} Y_{ni}$$

$$X_{ni}^I Y - X_{ni} Y = X Y_{ni}^I - X_{ni} Y_{ni}^I - X Y_{ni} + X_{ni} Y_{ni}$$

$$Y(X_{ni}^I - X_{ni}) = X Y_{ni}^I - X_{ni} Y_{ni}^I - X Y_{ni} + X_{ni} Y_{ni}$$

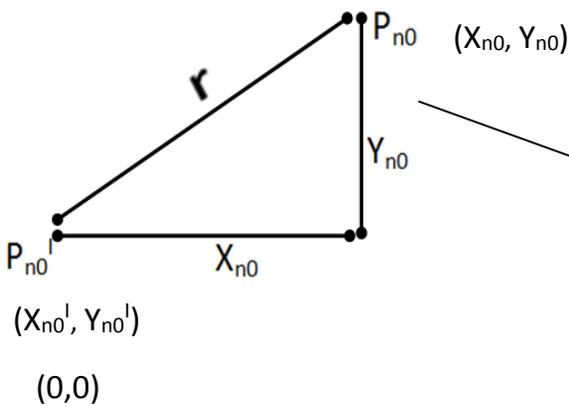
$$Y = \frac{X Y_{ni}^I - X_{ni} Y_{ni}^I - X Y_{ni} + X_{ni} Y_{ni}}{X_{ni}^I - X_{ni}}$$

- X, Y definirán la variable de la ecuación.
- X_{ni}, Y_{ni} deben ser valores conocidos, y lo son.
- X_{ni}^I, Y_{ni}^I deben ser valores conocidos, pero no lo son excepto $P_{n0}^I = C$.

Por tanto:

f) Relacionar P_{ni}^I con P_{ni} para tener X, Y como únicas variables

Teniendo P_{n0}^I :



$$X_{n0} = X_{n0}^I + X_{n0} \rightarrow X_{n0} = X_{n0} - X_{n0}^I$$

$$\downarrow$$

$$X_{n0} = X_{ni} - X_{ni}^I$$

$$m(P_{n0}, P_{n0}^I) = m(P_{ni}, P_{ni}^I)$$

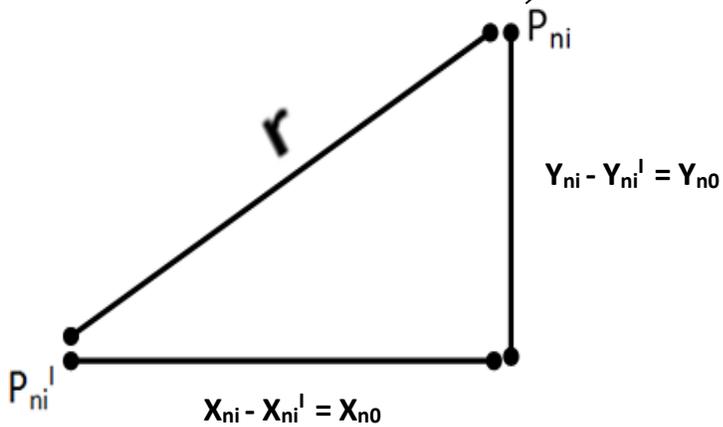
Por tanto:

$$X_{ni} - X_{ni}^I = X_{n0}$$

$$X_{ni}^I = X_{ni} - X_{n0}$$

$$Y_{ni}^I = Y_{ni} - Y_{n0}$$

Para cualquier caso:



g) Simplificar la ecuación, teniendo en X, Y como únicas variables

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{X(Y_{ni} - Y_{n0}) - X_{ni}(Y_{ni} - Y_{n0}) - XY_{ni} + (X_{ni} - X_{n0})Y_{ni}}{(X_{ni} - X_{n0}) - X_{ni}} \\
 Y &= \frac{XY_{ni} - XY_{n0} - X_{ni}Y_{ni} + X_{ni}Y_{n0} - XY_{ni} + X_{ni}Y_{ni} - X_{n0}Y_{ni}}{-X_{n0}} \\
 Y &= \frac{-XY_{n0} + X_{ni}Y_{n0} - X_{n0}Y_{ni}}{-X_{n0}} \\
 Y &= \frac{XY_{n0} - X_{ni}Y_{n0} + X_{n0}Y_{ni}}{X_{n0}} \rightarrow Z = Z_{ni}
 \end{aligned}$$

Con esta ecuación se obtiene la recta, primero desde los puntos de captura de la imagen 2D, un total de n rectas que van desde cada P_{n0} hasta el centro ($c \approx P_{n0}$), rectas que definen la zona o perspectiva de captura de cada imagen. Para estas n rectas $X_{ni} = X_{n0}$, $Y_{ni} = Y_{n0}$, por lo que la ecuación se simplifica a $Y = XY_{n0} X_{n0}^{-1}$.

Con la ecuación general se obtendrá la recta paralela (pero con la constante $Z = Z_{ni}$) de cada punto P_{ni} identificado en cada uno de los n planos locales trazados. Estas rectas son las proyecciones de los puntos del modelo 2D, que al intersectarse con un punto común pero venido desde otro ángulo, mostrarán un único punto tridimensional para formar el modelo 3D requerido.

Hay una cantidad z de puntos que forman el modelo 3D, vértices o articulaciones entre miembros o aristas de la estructura.

En este caso trata $i=18$ vértices

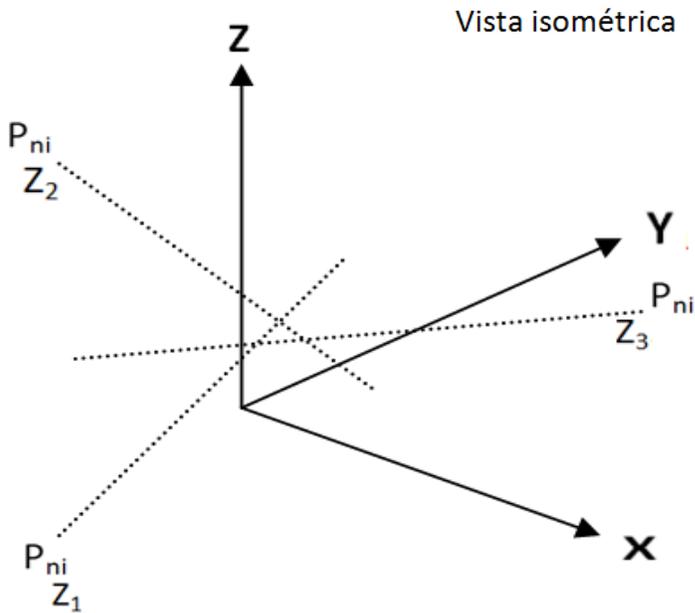
i	Vértice
	Punto fuera del modelo, representa el origen (0,0) en el plano local, que una vez globalizado se representa por P_{n0}
1	Cabeza
2	Hombro derecho
3	Hombro izquierdo
4	Codo derecho
5	Codo izquierdo
6	Muñeca derecha
7	Muñeca izquierda
8	Mano derecha
9	Mano izquierda
10	Tronco
11	Cadera derecha
12	Cadera izquierda
13	Rodilla derecha
14	Rodilla izquierda
15	Tobillo derecho
16	Tobillo izquierdo
17	Pie derecho
18	Pie izquierdo

Para cada punto i se tendrá n rectas (una por cada toma), sin embargo por la perspectiva de la imagen habrá casos en que se tengan menos rectas, pero para aplicar el método de la intersección debe haber al menos dos.

h) Obtención del modelo 3D

Para cada punto i , proyectar las rectas hasta intersectar. En un caso hipotético ideal, si el primer paso o preliminar es hecho de forma perfecta (el marcaje de los puntos p_{ni} en cada plano local) e idealizando cada toma en donde los puntos p_{ni} se ubican exactamente en el plano local $xy_n (x'y', x''y'', x'''y''')$, las n rectas deben intersectar en un único punto P_i , el cuál será uno de los puntos o vértices del modelo 3D, punto de coordenadas $P_i (X_i, Y_i, Z_i)$.

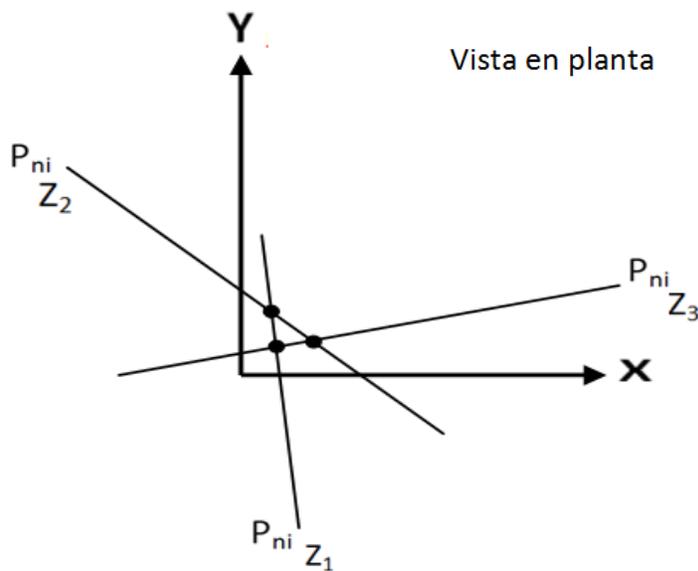
Sin embargo, el método contempla la existencia de una incertidumbre por la que no habrá intersección pero sí una cercanía que garantiza la aprobación del proceso.



Al ser rectas paralelas al plano XY, es rápido identificar la no intersección si:

$$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \dots \dots \dots Z_n$$

Incluso si hay igualdad en alguna de las elevaciones.



Entonces debe hallarse la intersección a cada par de rectas, por lo que habrá **n** intersecciones.

A partir de ahora se trabaja con el

Caso particular **n=3**

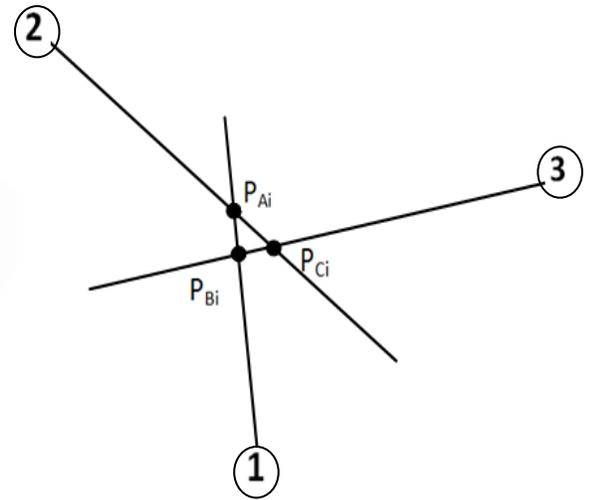
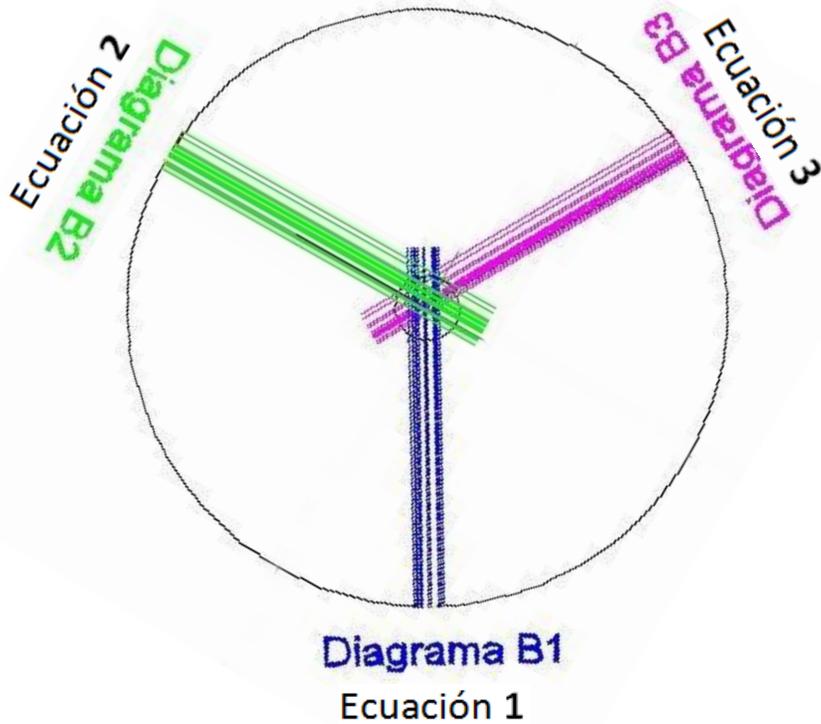
$$\gamma_1=270^\circ, \gamma_2=150^\circ, \gamma_3=30^\circ.$$

Por lo que se tiene:

$$Y = \frac{XY_{1-0} - X_{1-i} Y_{1-0} + X_{1-0} Y_{1-i}}{X_{1-0}} \rightarrow Z = Z_{1-i}$$

$$Y = \frac{XY_{2-0} - X_{2-i} Y_{2-0} + X_{2-0} Y_{2-i}}{X_{2-0}} \rightarrow Z = Z_{2-i}$$

$$Y = \frac{XY_{3-0} - X_{3-i} Y_{3-0} + X_{3-0} Y_{3-i}}{X_{3-0}} \rightarrow Z = Z_{3-i}$$



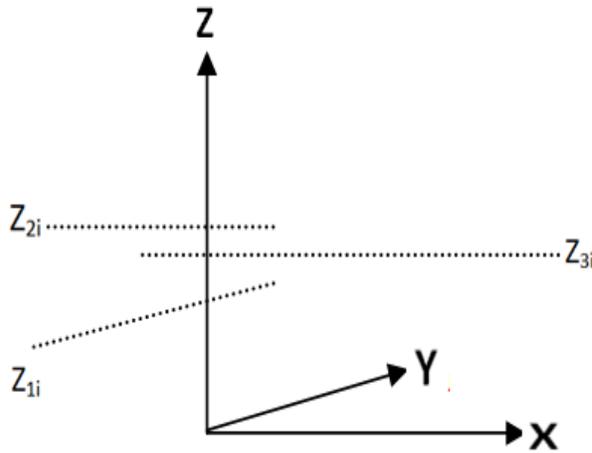
Nota: Los cruces son sólo en componentes X y Y.

Al ser $n=3$ rectas casi coincidentes en un punto común, los cruces parciales definen una figura en el espacio con $n=3$ vértices.

- P_{Ai} Punto de intersección rectas 1 y 2.
- P_{Bi} Punto de intersección rectas 1 y 3.
- P_{Ci} Punto de intersección rectas 2 y 3.

Para encontrar los vértices, se sustituye y simplifica cada una de las ecuaciones, lo que resultará en los puntos $X_{Ai} Y_{Ai}$, $X_{Bi} Y_{Bi}$, $X_{Ci} Y_{Ci}$. Para el cálculo de la coordenada Z:

Como todas las rectas derivadas de ①, ②, ③, son “paralelas” al plano XY, tienen una coordenada Z de valor constante, por lo que todas esas rectas serán paralelas entre sí (imposibilitando un cruce verdadero de las mismas).



Para esta situación se tomará el punto medio entre elevación y elevación

$$z = \frac{Z_{ni} + Z_{ni}}{2}$$

Por lo que las intersecciones “ficticias” están dadas por:

$$\textcircled{1} = \textcircled{2} \quad \frac{XY_{1-0} - X_{1-i} Y_{1-0} + X_{1-0} Y_{1-i}}{X_{1-0}} = \frac{XY_{2-0} - X_{2-i} Y_{2-0} + X_{2-0} Y_{2-i}}{X_{2-0}}$$

Teniendo a X como única variable:

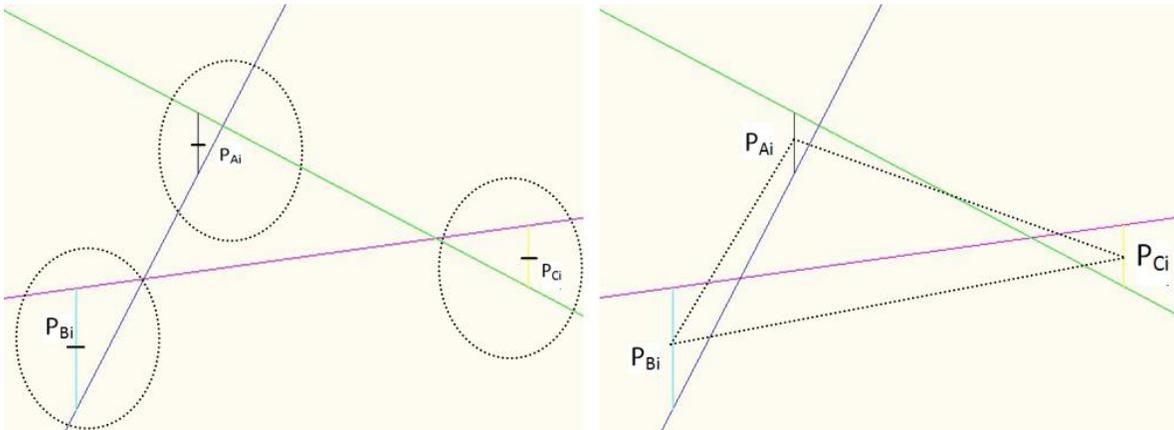
$$\frac{\underbrace{X(X_{2-0} - Y_{1-0})}_{\text{constante}} - \underbrace{X_{2-0} X_{1-i} Y_{1-0} + X_{2-0} X_{1-0} Y_{1-i}}_{\text{es una constante}}}{X_{1-0}} = \frac{\underbrace{X(X_{1-0} - Y_{2-0})}_{\text{constante}} - \underbrace{X_{1-0} X_{2-i} Y_{2-0} + X_{1-0} X_{2-0} Y_{2-i}}_{\text{constante}}}{X_{2-0}}$$

Resolviendo:

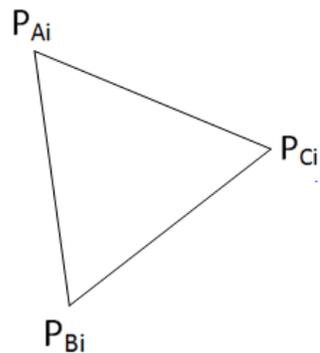
$$X [(X_{2-0} Y_{1-0}) - (X_{1-0} Y_{2-0})] = -X_{1-0} X_{2-i} Y_{2-0} + X_{1-0} X_{2-0} Y_{2-i} + X_{2-0} X_{1-i} Y_{1-0} - X_{2-0} X_{1-0} Y_{1-i}$$

$$P_{A-i} \begin{cases} X_{Ai} = \frac{(-X_{1-0} X_{2-i} Y_{2-0}) + (X_{1-0} X_{2-0} Y_{2-i}) + (X_{2-0} X_{1-i} Y_{1-0}) - (X_{2-0} X_{1-0} Y_{1-i})}{(X_{2-0} Y_{1-0}) - (X_{1-0} Y_{2-0})} \\ Y_{Ai} = \frac{(X_{Ai} Y_{1-0}) - (X_{1-i} Y_{1-0}) + (X_{1-0} Y_{1-i})}{X_{1-0}} \\ Z_{Ai} = 0.5 (Z_{1-i} + Z_{2-i}) \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 P_{B-i} \begin{cases}
 X_{Bi} = \frac{(-X_{1-0} X_{3-i} Y_{3-0}) + (X_{1-0} X_{3-0} Y_{3-i}) + (X_{3-0} X_{1-i} Y_{1-0}) - (X_{3-0} X_{1-0} Y_{1-i})}{(X_{3-0} Y_{1-0}) - (X_{1-0} Y_{3-0})} \\
 Y_{Bi} = \frac{(X_{Bi} Y_{1-0}) - (X_{1-i} Y_{1-0}) + (X_{1-0} Y_{1-i})}{X_{1-0}} \\
 Z_{Bi} = 0.5 (Z_{1-i} + Z_{3-i})
 \end{cases} \\
 P_{C-i} \begin{cases}
 X_{Ci} = \frac{-(X_{2-0} X_{3-i} Y_{3-0}) + (X_{2-0} X_{3-0} Y_{3-i}) + (X_{3-0} X_{2-i} Y_{2-0}) - (X_{3-0} X_{2-0} Y_{2-i})}{(X_{3-0} Y_{2-0}) - (X_{2-0} Y_{3-0})} \\
 Y_{Ci} = \frac{(X_{Ci} Y_{2-0}) - (X_{2-i} Y_{2-0}) + (X_{2-0} Y_{2-i})}{X_{2-0}} \\
 Z_{Ci} = 0.5 (Z_{2-i} + Z_{3-i})
 \end{cases}
 \end{cases}$$

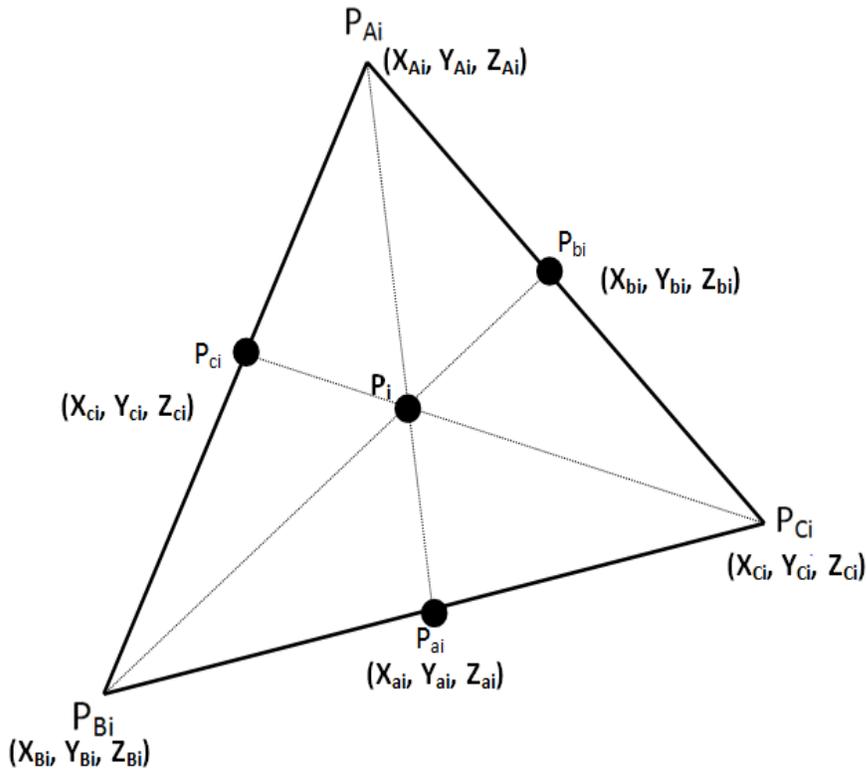


P_{Ai} , P_{Bi} , P_{Ci} , son los vértices del triángulo en el espacio, producto de las proyecciones.



Aunque posiblemente tienda a ser un triángulo equilátero, no necesariamente lo es.

El objetivo es hallar el baricentro o centroide de este triángulo, punto en el cual intersectan las medianas del mismo. Ese punto será entonces el punto P_i de coordenadas espaciales X_i , Y_i , Z_i , y que corresponde a cada vértice o articulación i del modelo 3D final.



P_{Ai} , P_{Bi} , P_{Ci} , puntos resultados de la intersección de las n rectas $\overline{P_{ni} P_{ni}}$ (proyecciones).

P_{ai} es el punto medio del segmento de recta $\overline{P_{Bi} P_{Ci}}$

P_{bi} es el punto medio del segmento de recta $\overline{P_{Ai} P_{Ci}}$

P_{ci} es el punto medio del segmento de recta $\overline{P_{Ai} P_{Bi}}$

P_i Es el baricentro, punto vértice i del modelo 3D.

Medianas del triángulo. Recta que va del punto medio de un segmento o arista del vértice contrario. Al cruzarse las tres medianas en un punto común, se define el baricentro o centroide del triángulo.

Medianas $\overline{P_{bi} P_{Bi}}$
 $\overline{P_{ai} P_{Ai}}$
 $\overline{P_{ci} P_{Ci}}$

i) Hallar puntos medios en lados del triángulo P_{Ai} , P_{Bi} , P_{Ci} . En el espacio, el punto medio M entre dos puntos A y B , se calcula:

$A (X_A, Y_A, Z_A)$	$B (X_B, Y_B, Z_B)$	$M (X_M, Y_M, Z_M)$
$X_M = \frac{X_A + X_B}{2}$	$Y_M = \frac{Y_A + Y_B}{2}$	$Z_M = \frac{Z_A + Z_B}{2}$

Por lo tanto:

$$P_{ai} \rightarrow (X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai}) = \left(\frac{X_{Bi} + X_{Ci}}{2}, \frac{Y_{Bi} + Y_{Ci}}{2}, \frac{Z_{Bi} + Z_{Ci}}{2} \right)$$

$$P_{bi} \rightarrow (X_{bi}, Y_{bi}, Z_{bi}) = \left(\frac{X_{Ai} + X_{Ci}}{2}, \frac{Y_{Ai} + Y_{Ci}}{2}, \frac{Z_{Ai} + Z_{Ci}}{2} \right)$$

$$P_{ci} \rightarrow (X_{ci}, Y_{ci}, Z_{ci}) = \left(\frac{X_{Ai} + X_{Bi}}{2}, \frac{Y_{Ai} + Y_{Bi}}{2}, \frac{Z_{Ai} + Z_{Bi}}{2} \right)$$

j) Hallar ecuaciones de las medianas del triángulo i

Se deben hallar las ecuaciones para las rectas $\overline{P_{Ai} P_{ai}}$, $\overline{P_{Bi} P_{bi}}$, $\overline{P_{Ci} P_{ci}}$.

En el espacio una recta r se define como el conjunto de puntos, alineados con un punto P y una dirección dada \vec{u} . X es un punto sobre la recta (X_0, Y_0, Z_0) .

Por tanto si el vector \overline{PX} tiene igual dirección que \vec{u} , éste es el vector director y se cumple:

$$\overline{PX} = \lambda \cdot \vec{u} \quad \lambda \text{ es un escalar}$$

$$\begin{aligned} (X_p - X_0, Y_p - Y_0, Z_p - Z_0) &= \lambda (u_1, u_2, u_3) \\ (x, y, z) &= (X_0 + \lambda u_1, Y_0 + \lambda u_2, Z_0 + \lambda u_3) \end{aligned}$$

• Ecuaciones paramétricas de la recta, se cumplen las igualdades:

$$\begin{cases} x = X_0 + \lambda u_1 \\ y = Y_0 + \lambda u_2 \\ z = Z_0 + \lambda u_3 \end{cases}$$

• Ecuaciones continuas de la recta. Despejando de la ecuación paramétrica λ , e igualando:

$$\frac{X - X_0}{u_1} = \frac{Y - Y_0}{u_2} = \frac{Z - Z_0}{u_3}$$

• Ecuaciones implícitas de la recta:

$$\frac{X - X_0}{u_1} \rightarrow \frac{Y - Y_0}{u_2} = u_2 X - u_1 Y - u_2 X_0 + u_1 Y_0 = 0$$

Se tienen las ecuaciones paramétricas:

$$\begin{aligned} X &= X_0 + \lambda_i \mathbf{u}_{ix} \\ Y &= Y_0 + \lambda_i \mathbf{u}_{iy} \\ Z &= Z_0 + \lambda_i \mathbf{u}_{iz} \end{aligned}$$

λ_i es el escalar \mathbf{u}_i ($\mathbf{u}_{ix}, \mathbf{u}_{iy}, \mathbf{u}_{iz}$)
es el vector director.

x, y, z es la variable

X_0, Y_0, Z_0 es el punto conocido

Ecuaciones continuas:

$$\frac{X - X_0}{\mathbf{u}_{ix}} = \frac{Y - Y_0}{\mathbf{u}_{iy}} = \frac{Z - Z_0}{\mathbf{u}_{iz}}$$

Ecuaciones implícitas:

$$\frac{X - X_0}{\mathbf{u}_{ix}} = \frac{Y - Y_0}{\mathbf{u}_{iy}} \rightarrow \mathbf{u}_{iy}X - \mathbf{u}_{ix}Y - \mathbf{u}_{iy}X_0 + \mathbf{u}_{ix}Y_0 = 0$$

$$\frac{X - X_0}{\mathbf{u}_{ix}} = \frac{Z - Z_0}{\mathbf{u}_{iz}} \rightarrow \mathbf{u}_{iz}X - \mathbf{u}_{ix}Z - \mathbf{u}_{iz}X_0 + \mathbf{u}_{ix}Z_0 = 0$$

$$\frac{Y - Y_0}{\mathbf{u}_{iy}} = \frac{Z - Z_0}{\mathbf{u}_{iz}} \rightarrow \mathbf{u}_{iz}Y - \mathbf{u}_{iy}Z - \mathbf{u}_{iz}Y_0 + \mathbf{u}_{iy}Z_0 = 0$$

• Se define el vector director \mathbf{u}_i

$$\bar{\mathbf{u}}_{Ai} (\mathbf{u}_{Aix}, \mathbf{u}_{Aiy}, \mathbf{u}_{Aiz}) = \overline{P_{Ai} P_{Ai}} = P_{Ai} - P_{ai} = (X_{Ai} - X_{ai}, Y_{Ai} - Y_{ai}, Z_{Ai} - Z_{ai})$$

$$\bar{\mathbf{u}}_{Bi} (\mathbf{u}_{Bix}, \mathbf{u}_{Biy}, \mathbf{u}_{Biz}) = \overline{P_{Bi} P_{Bi}} = P_{Bi} - P_{bi} = (X_{Bi} - X_{bi}, Y_{Bi} - Y_{bi}, Z_{Bi} - Z_{bi})$$

$$\bar{\mathbf{u}}_{Ci} (\mathbf{u}_{Cix}, \mathbf{u}_{Ciy}, \mathbf{u}_{Ciz}) = \overline{P_{Ci} P_{Ci}} = P_{Ci} - P_{ci} = (X_{Ci} - X_{ci}, Y_{Ci} - Y_{ci}, Z_{Ci} - Z_{ci})$$

• Se definen las coordenadas del punto (X_0, Y_0, Z_0) conocido:

$$P_{ai} (X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai})$$

$$P_{bi} (X_{bi}, Y_{bi}, Z_{bi})$$

$$P_{ci} (X_{ci}, Y_{ci}, Z_{ci})$$

• Así, para cada caso se tiene:

$$1. \overline{P_{ai} P_{Ai}} \quad \frac{X_{aiAi} - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}} = \frac{Y_{aiAi} - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} = \frac{Z_{aiAi} - Z_{ai}}{Z_{Ai} - Z_{ai}} \quad \left. \vphantom{\frac{X_{aiAi} - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}}} \right\} \begin{array}{l} \text{Ecuaciones} \\ \text{paramétricas} \end{array}$$

Ecuaciones implícitas

$$(Y_{Ai} - Y_{ai}) X_{aiAi} - (X_{Ai} - X_{ai}) Y_{aiAi} - (Y_{Ai} - Y_{ai}) X_{ai} + (X_{Ai} - X_{ai}) Y_{ai} = 0$$

$$(Z_{Ai} - Z_{ai}) X_{aiAi} - (X_{Ai} - X_{ai}) Z_{aiAi} - (Z_{Ai} - Z_{ai}) X_{ai} + (X_{Ai} - X_{ai}) Z_{ai} = 0$$

$$(Z_{Ai} - Z_{ai}) Y_{aiAi} - (Y_{Ai} - Y_{ai}) Z_{aiAi} - (Z_{Ai} - Z_{ai}) Y_{ai} + (Y_{Ai} - Y_{ai}) Z_{ai} = 0$$

Donde: $X_{aiAi}, Y_{aiAi}, Z_{aiAi}$, Son las variables incógnitas
 $(X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai}) \rightarrow P_{ai}$ punto conocido sobre la recta $P_{ai}P_{Ai}$
 $(X_{Ai}, Y_{Ai}, Z_{Ai}) \rightarrow P_{Ai}$ segundo punto conocido
 $P_{ai} \rightarrow P_{Ai}$ definen además el vector director de la recta que pasa por ellos

$$2. \overline{P_{bi} P_{Bi}} \quad \frac{X_{biBi} - X_{bi}}{X_{Bi} - X_{bi}} = \frac{Y_{biBi} - Y_{bi}}{Y_{Bi} - Y_{bi}} = \frac{Z_{biBi} - Z_{bi}}{Z_{Bi} - Z_{bi}} \quad \left. \vphantom{\frac{X_{biBi} - X_{bi}}{X_{Bi} - X_{bi}}} \right\} \begin{array}{l} \text{Ecuaciones} \\ \text{paramétricas} \end{array}$$

Ecuaciones implícitas

$$(Y_{Bi} - Y_{bi}) X_{biBi} - (X_{Bi} - X_{bi}) Y_{biBi} - (Y_{Bi} - Y_{bi}) X_{bi} + (X_{Bi} - X_{bi}) Y_{bi} = 0$$

$$(Z_{Bi} - Z_{bi}) X_{biBi} - (X_{Bi} - X_{bi}) Z_{biBi} - (Z_{Bi} - Z_{bi}) X_{bi} + (X_{Bi} - X_{bi}) Z_{bi} = 0$$

$$(Z_{Bi} - Z_{bi}) Y_{biBi} - (Y_{Bi} - Y_{bi}) Z_{biBi} - (Z_{Bi} - Z_{bi}) Y_{bi} + (Y_{Bi} - Y_{bi}) Z_{bi} = 0$$

Donde: $X_{biBi}, Y_{biBi}, Z_{biBi}$, Son las variables incógnitas
 $(X_{bi}, Y_{bi}, Z_{bi}) \rightarrow P_{bi}$ punto conocido sobre la recta $P_{bi}P_{Bi}$
 $(X_{Bi}, Y_{Bi}, Z_{Bi}) \rightarrow P_{Bi}$ segundo punto conocido
 $P_{bi} \rightarrow P_{Bi}$ definen además el vector director de la recta que pasa por ellos

En estas ecuaciones, se tiene despejada a la variable X, Y, Z . Aunque λ_i es "incógnita", es un valor que no es constante o absoluto para una ecuación explícita, sino que cambia a cada punto sobre la recta.

k) Hallar intersección P_i como vértice final z del modelo 3D.

$P_i (X_i, Y_i, Z_i)$ es el punto en que se intersectan los $n=3$ sistemas de las ecuaciones z . Entonces las ecuaciones obtenidas anteriormente definen la intersección en P_i por:

$$P_i \begin{cases} X_i = X_{aiAi} = X_{biBi} = X_{ciCi} \\ Y_i = Y_{aiAi} = Y_{biBi} = Y_{ciCi} \\ Z_i = Z_{aiAi} = Z_{biBi} = Z_{ciCi} \end{cases} \quad \text{Pero teniendo en cuenta que:} \\ \lambda_{Ai} \neq \lambda_{Bi} \neq \lambda_{Ci}$$

Al igualar dos ecuaciones sólo habrá dos incógnitas (λ_i), por lo que precisamente sólo basta con dos ecuaciones: un emparejamiento tomando en cuenta la tercera ecuación, sirve para efectos de comprobación.

Se resolverá por sistema de sustitución simple, despejando variable en una ecuación y sustituyendo en otra.

Se resuelve el sistema para coordenadas de P_i usando rectas P_{aiAi} y P_{biBi}

$\bullet X_i = X_{aiAi} = X_{biBi}$ $X_{ai} + \lambda_{Ai} (X_{Ai} - X_{ai}) = X_{bi} + \lambda_{Bi} (X_{Bi} - X_{bi})$

$$\lambda_{Ai} = \frac{X_{bi} + \lambda_{Bi} (X_{Bi} - X_{bi}) - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}}$$

$\bullet Y_i = Y_{aiAi} = Y_{biBi}$ $Y_{ai} + \lambda_{Ai} (Y_{Ai} - Y_{ai}) = Y_{bi} + \lambda_{Bi} (Y_{Bi} - Y_{bi})$

$$\lambda_{Ai} = \frac{Y_{bi} + \lambda_{Bi} (Y_{Bi} - Y_{bi}) - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}}$$

Igualando ambas λ_{Ai} :

$$\frac{X_{bi} + \lambda_{Bi} (X_{Bi} - X_{bi}) - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}} = \frac{Y_{bi} + \lambda_{Bi} (Y_{Bi} - Y_{bi}) - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}}$$

$$\frac{\lambda_{Bi} (X_{Bi} - X_{bi})}{X_{Ai} - X_{ai}} - \frac{\lambda_{Bi} (Y_{Bi} - Y_{bi})}{Y_{Ai} - Y_{ai}} = \frac{Y_{bi} - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} - \frac{(X_{bi} - X_{ai})}{X_{Ai} - X_{ai}}$$

$$\lambda_{Bi} \left[\frac{X_{Bi} - X_{bi}}{X_{Ai} - X_{ai}} - \frac{Y_{Bi} - Y_{bi}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} \right] = \frac{Y_{bi} - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} - \frac{X_{bi} - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}}$$

$$\lambda_{Bi} = \frac{\left(\frac{Y_{bi} - Y_{ai}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} - \frac{X_{bi} - X_{ai}}{X_{Ai} - X_{ai}} \right)}{\left(\frac{X_{Bi} - X_{bi}}{X_{Ai} - X_{ai}} - \frac{Y_{Bi} - Y_{bi}}{Y_{Ai} - Y_{ai}} \right)}$$

Conocido λ_{Bi} , se resuelve para hallar λ_{Ai} . Para encontrar λ_{Ci} , involucrar recta P_{Ci} PC_i .

Conocido λ_{Ai} , λ_{Bi} y/o λ_{Ci} cualquiera de éstas se sustituye en la ecuación de las rectas P_{Ai} P_{Ai} , P_{Bi} P_{Bi} , P_{Ci} PC_i respectivamente.

La ecuación general para hallar el punto $P_i (X_i, Y_i, Z_i)$ del modelo tridimensional queda expresada:

$$P_i \begin{cases} X_{tiTi} = X_{ti} + \lambda_{Ti} (X_{Ti} - X_{ti}) = X_i \\ Y_{tiTi} = Y_{ti} + \lambda_{Ti} (Y_{Ti} - Y_{ti}) = Y_i \\ Z_{tiTi} = Z_{ti} + \lambda_{Ti} (Z_{Ti} - Z_{ti}) = Z_i \end{cases}$$

Donde:

P_i Punto de coordenadas X_i, Y_i, Z_i buscadas (variables o incógnitas).

P_{ti} Punto de coordenadas X_{ti}, Y_{ti}, Z_{ti} que son valores conocidos.

P_{Ti} Punto de coordenadas X_{Ti}, Y_{Ti}, Z_{Ti} que son valores conocidos.

λ_{Ti} Escalar de la recta para el punto P_i

i Representa el número de vértice 3D correspondiente.

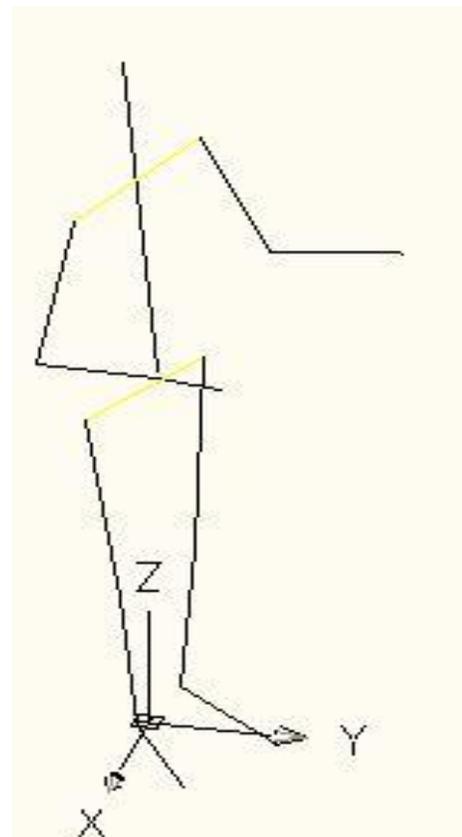
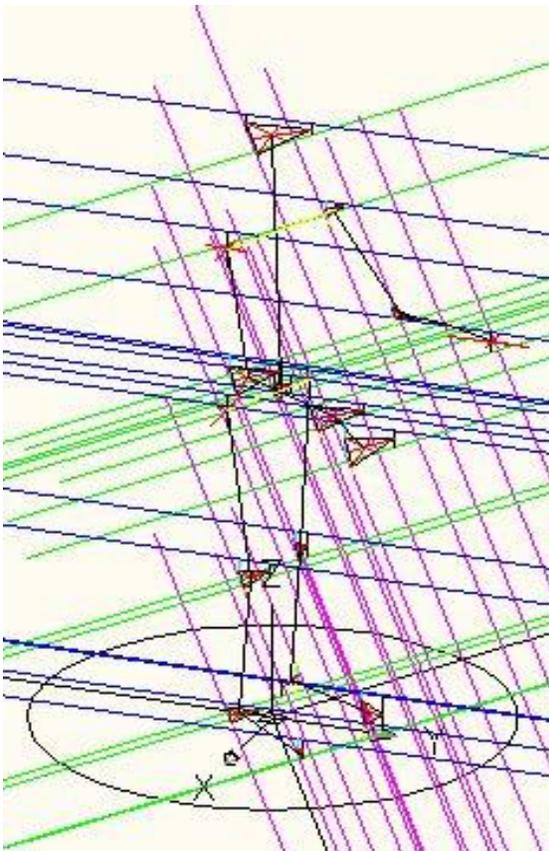
$t = a, b, c$, que representa al punto medio entre dos rectas aristas del triángulo P_{Ai}, P_{Bi}, P_{Ci}

$T = A, B, C$, vértices del triángulo P_{Ai}, P_{Bi}, P_{Ci} , dados por la intersección ficticia entre las rectas P_{ni}, P_{ni}^l (proyecciones de los puntos P_{ni})

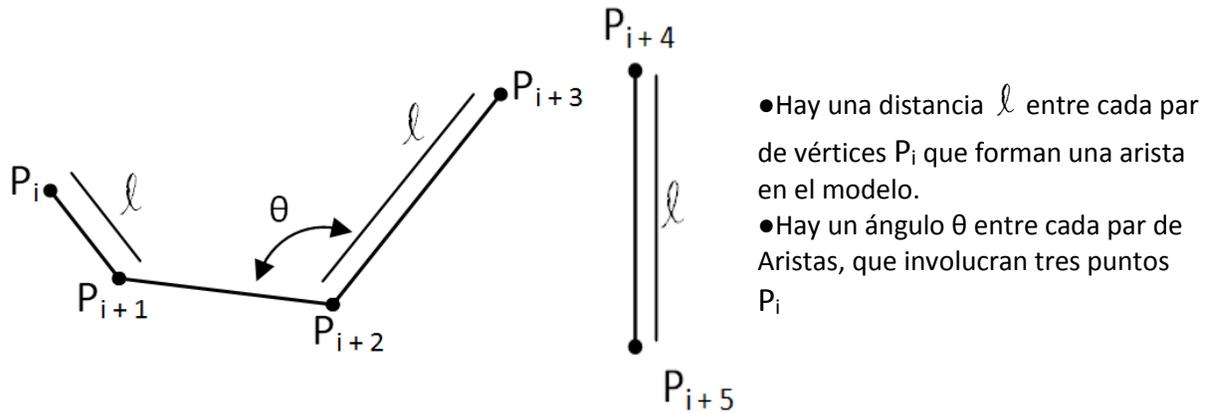
$$P_i = (X_i, Y_i, Z_i)$$

Puntos que forman el modelo 3D.

Con esto se tienen los puntos tridimensionales para armar el modelo en el espacio, sin embargo aún puede calcularse parámetros como la longitud de aristas y el ángulo entre cada par de ellas.



4. 8. Cálculo de los parámetros del modelo 3D.



$P_i P_i^l \rightarrow$ Longitud l entre los dos puntos i^l indica otro punto i .

a) Cálculo de las distancias l entre dos puntos P_i .

Coincide con el módulo del vector $P_i P_i^l$ que es la longitud del segmento orientado que lo define $|\vec{v}|$

La distancia entre dos puntos $A(X_A, Y_A, Z_A)$ y $B(X_B, Y_B, Z_B)$ en el espacio, se define como:

$$|\overline{AB}| = d_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}$$

Por tanto la longitud l entre dos puntos P_i :

$$P_i(X_i, Y_i, Z_i) \quad P_i^l(X_i^l, Y_i^l, Z_i^l)$$

$$l = d_{P_i P_i^l} = |\overline{P_i P_i^l}|$$

$$l = \sqrt{(X_i^l - X_i)^2 + (Y_i^l - Y_i)^2 + (Z_i^l - Z_i)^2}$$

4.9. Cálculo del ángulo θ entre tres puntos P_i

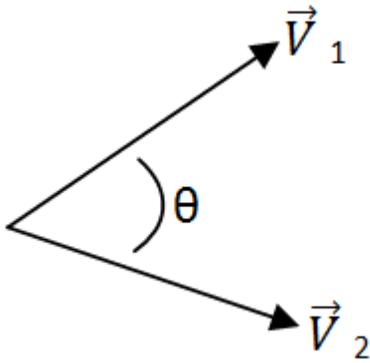
Es el ángulo entre dos rectas $P_i P_i'$, que comparten un vértice P_i .

En el espacio, conocidos los vectores directores de dos rectas que se intersectan \vec{V}_1 y \vec{V}_2 .

$$\vec{V}_1 = (X_1, Y_1, Z_1) \quad \vec{V}_2 = (X_2, Y_2, Z_2)$$

El ángulo entre éstas se define:

$$\vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2 = |\vec{V}_1| \cdot |\vec{V}_2| \cos \theta$$



$$\theta = \cos^{-1} \frac{\vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2}{|\vec{V}_1| \cdot |\vec{V}_2|} \Rightarrow \text{Para un valor positivo y uno negativo habría } \alpha_1 \text{ y } \alpha_2 \text{ donde: } \alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$$

$$\theta = \arccos \frac{\vec{V}_1 \cdot \vec{V}_2}{|\vec{V}_1| \cdot |\vec{V}_2|}$$

Para el cálculo de θ :

Los vectores directores $\vec{V}_1 \rightarrow P_{Ti} P_{Ti} = (X_{Ti} - X_{ti}, Y_{Ti} - Y_{ti}, Z_{Ti} - Z_{ti})$

$\vec{V}_2 \rightarrow P_{Ti}' P_{Ti}' = (X_{Ti}' - X_{ti}', Y_{Ti}' - Y_{ti}', Z_{Ti}' - Z_{ti}')$

$$\theta = \arccos \frac{(X_{Ti} - X_{ti}, Y_{Ti} - Y_{ti}, Z_{Ti} - Z_{ti}) \cdot (X_{Ti}' - X_{ti}', Y_{Ti}' - Y_{ti}', Z_{Ti}' - Z_{ti}')}{\sqrt{(X_{Ti} - X_{ti})^2 + (Y_{Ti} - Y_{ti})^2 + (Z_{Ti} - Z_{ti})^2} \cdot \sqrt{(X_{Ti}' - X_{ti}')^2 + (Y_{Ti}' - Y_{ti}')^2 + (Z_{Ti}' - Z_{ti}')^2}}$$

Este último paso reportará los valores de arcos para cada articulación dentro de la representación tridimensional de los cuatro malabaristas élite. Al final, se efectuará un comparativo entre fases y conoceremos si el desplazamiento de cada arco articular fue positivo (se amplió) o fue negativo (se redujo), en relación a su ubicación espacial previa.

4.10. El rastreo ocular (*Eyetraking*)

Dentro de las teorías cognitivas afiliadas a la explicación de la depresión de los años de 1980 se apuntaló un test creado por los psicólogos MacLeod, Mathews y Tata en 1986 que actualmente es conocido como paradigma “Dot-Probe” con la finalidad de medir la atención selectiva:

La importancia que marcó en los futuros estudios de psicología fue esbozar que la atención focal de los ojos en un punto podía ser cuantificada bajo la unidad medible del tiempo, pero ¿qué sería lo que exactamente se tendría que medir?, la respuesta se configuró a lo que actualmente se conoce como rastreo ocular (*Eye tracking*) y los primeros trabajos que lo implementaron (Hermans, Vansteenwegen, y Eelen, 1999; Isaacowitz, 2005 citados en: Kellough et al. 2008:1238-39) lograron dar cuenta de la importancia de la focalización para diversos procesos mentales.

La pupila jugó el papel central para reportar el comportamiento de la mirada a través del movimiento ocular. Los estudios técnicamente vinculaban una acción mecánica de movimiento (desplazamientos o fijaciones pupilares) con un estrato “mental” (llámesele conexiones neuronales o afianzamientos cognitivos), si bien la relación suena factible, su comprobación empírica no lo es.

De hecho, se señaló en el apartado de enfoque teórico lo complejo que es describir los fenómenos relacionados con la mirada, y más desde una simplificación mecánica como la empleada en este estudio. Pero regresemos a la incursión de la psicología con dicha técnica; en hechos y de manera pionera cimentó el uso en otros campos, dentro de los cuales el deporte fue y continúa dando muchos frutos debido a que:

“Se ha demostrado que la focalización de un ejecutante influye el rendimiento motor y el aprendizaje de una variedad de habilidades motoras...Entre los deportes y habilidades deportivas que han mostrado beneficiarse del foco de atención externo (visual) están los que requieren la manipulación de objetos por parte de los participantes” (Zarghami, et al. 2012:47).

En este texto, bajo la lógica de lo que muchos podemos intuir se comenta la gran variedad de estudios que muestran la importancia de observar la ejecución de una habilidad para aprenderla, porque si bien existen otras maneras *-además de la imitación de movimientos-* para instruir patrones como el lance de objetos, atribuyo que nuestra biología nos ata a ser animales intrínsecamente visuales.

Textualmente el problema de la focalización, es algo enmarañado debido a que el “medir” la direccionalidad de la mirada asume trazar líneas rectas desde cada pupila hacia el punto focal, esto incluso permitiría rastrear patrones de movilidad ocular al realizar una determinada actividad, pero la pregunta del millón es: *¿y eso que nos dice?*, para responderla se requiere poder explicar que está detrás de la acción motora que se mide y eso implicaría mudar la discusión a los terrenos neuronales, donde discurre la implementación de otros modelos, pensemos que:

Describir el comportamiento de los músculos circulares o radiales a través alteraciones del diámetro pupilar sí nos da información de la mirada, pero en último caso eso no mesura todo un proceso neuronal de activación motora que la precipita. Eso es diferente. Así, lo que ocurre a nivel cognitivo, sobre cómo miramos y por cuánto tiempo es un tema que ha hecho correr tinta, y aquí no se encontrará un consenso.

Temas tan básicos como el parpadeo, dilatación pupilar o desplazamientos de enfoque, que pertenecen a un nivel de aproximación de valoración directa. Complicada, pero directa. No responden a qué es lo que se observa al mirar. Podemos mirar a un sitio y limitar el procesamiento de información que percibimos. Tan sencillo como imaginarse en un estado de consciencia alterado para comprender este punto.

Aquí no se va a abordar eso. Lo que sí vale decir es que la conducta pupilar puede tener la clave en la especialización del malabaristas élite.

Evoquemos dos referencias: para acertar el centro negro del círculo de dardos, la mirada tiene que ubicarnos espacialmente en el destino que debe de buscar nuestro lanzamiento. Los primeros homínidos para lograr herir mortalmente la

presa que sería aniquilada, observaban su modo de huír y deducían el sitio que sus lanzas tenían que atravesar. Esos puntos clave que implican la dirección y temporalidad del lance son modulados por el aprendizaje visual.

El aprendizaje visual es inherente a nuestra biología, pero podemos decir que la especialización técnica de lanzar objetos es cultural, probablemente deviene de la práctica constante y necesaria germinada en los contextos de la cazería ancestral.

Dicho eso, investigar hacia donde miramos cuando lanzamos objetos me parece de lo más relevante. No estamos solos en ese interés, la práctica del lanzamiento de objetos cuenta con un paradigma que resulta interesante: ocurré que una vez que se dá un aprendizaje altamente especializado (como lo sería el caso de los malabaristas élite), la mirada no se comporta como la del ejecutante común o promedio.

Esa idea la encontré en las revisiones de notas hechas en campo. Tiempo después un colega me mandó por correo electrónico el artículo "*The coupling between point-of-gaze and ballmovements in three-ball cascade juggling: the effects of expertise, pattern and tempo*" de 2002, publicado en Journal of Sports Sciences, donde Huys y Beek hacen un comparativo sobre ese enfoque en malabares con pelotas.

La noción que hila parte la diferencia entre ser un amateur o un profesional, es cómo se comporta la mirada. Porque la mirada interviene como elemento central en la predicción del desplazamiento de los objetos.

Lo único que quedaba por hacer era experimentar con la muestra de malabaristas élite, para reportar la conducta de su mirada. Al excavar en los estudios, encontré que todo *Eyetracking* -que no es de contacto directo con el ojo-, usa una videocámara con captura en infrarrojo y *¿por qué los EyeTracking operan con estas?*, sencillo: son las únicas que permiten identificar la demarcación precisa entre la pupila y el iris, sin ser invasivas.

Teniendo a consideración que no compraría un *Eyetracking*, elegí elaborarlo y adaptarlo para las capturas de los malabaristas élite.

Así fue que planteé hacer mejoras al diseño del artículo de Kowalik 2010, donde básicamente muestra como modificar una videocámara para situarla en unos anteojos. En mi caso, las gafas incomodaron a los malabaristas. Entonces decidí posicionar la videocámara infrarroja en una barra de metal, que a manera de columpio incrusté a un casco de construcción. Busqué que la videocámara infrarroja quedará empotrada a la mitad de la barra de metal, a la altura de la boca y con la orientación contrapicada a los ojos.

Digamos que use el casco de construcción como un sombrero, que resultó más funcional que las gafas. Agregue otra videocámara (normal, no infrarroja) que grababa directo en una tarjeta SD, y la sitúe a la altura del entrecejo o glabella, proyectando su ángulo a un punto que creí reportaría el cenit (Figura 4.7). La idea era trazar proyecciones entre ambas. Pero, al final vincular sus proyecciones por pendientes, no fue posible.

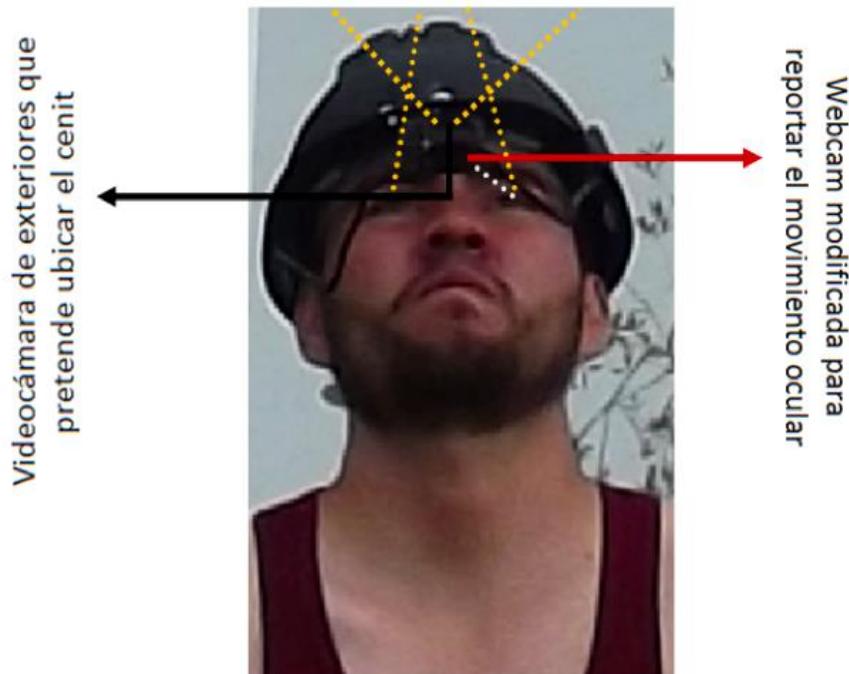


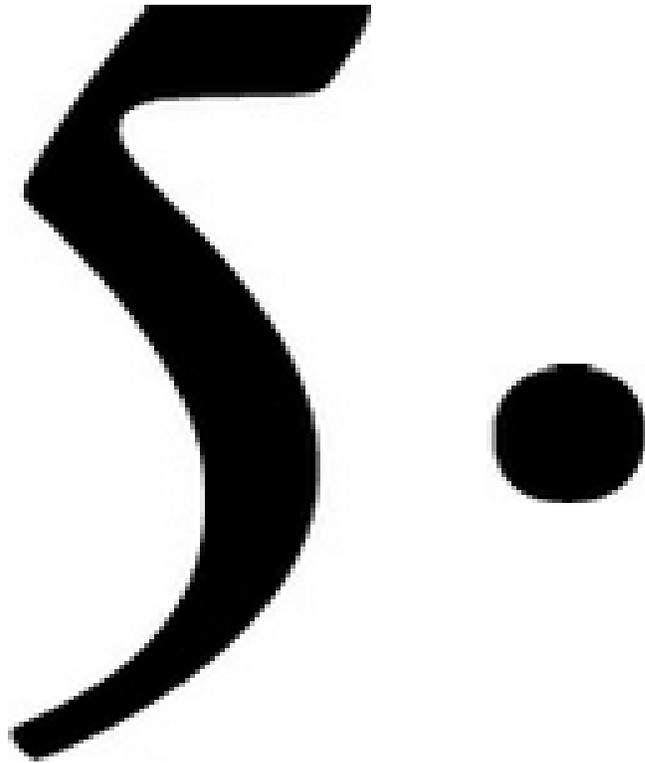
Fig. 4.7. Morris en ejecución con el aparato de rastreo ocular casero. La flecha de la derecha reporta la webcam modificada para la captura del movimiento ocular, y la flecha de la izquierda da cuenta de la videocámara de exteriores ubicada aproximadamente en el entrecejo. Las líneas punteadas son una forma de “ilustrar” las proyecciones de captura.

Entonces después de mucha prueba y error en el diseño y adaptaciones, solo un malabarista incorporó el casco a su rutina: Morris. Y solo la videocámara infrarroja sirvió (esa no grababa directo en una tarjeta SD).

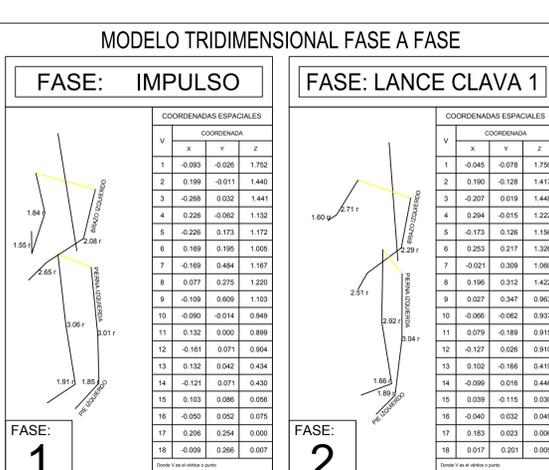
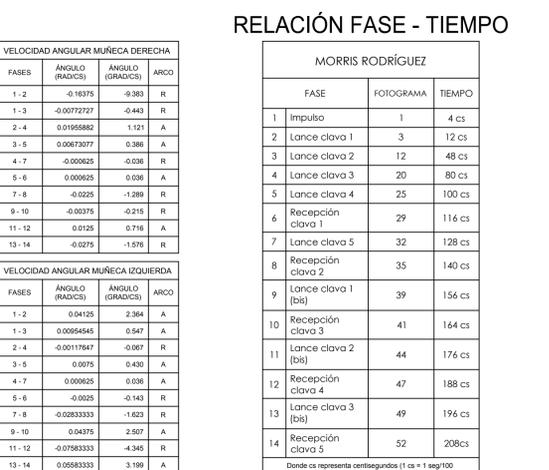
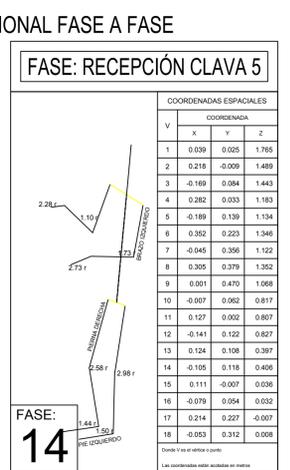
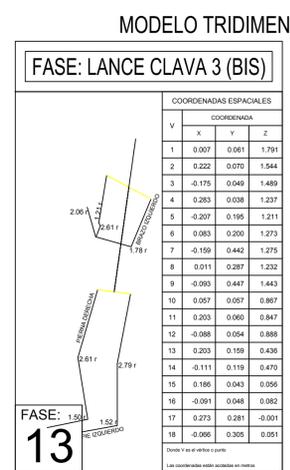
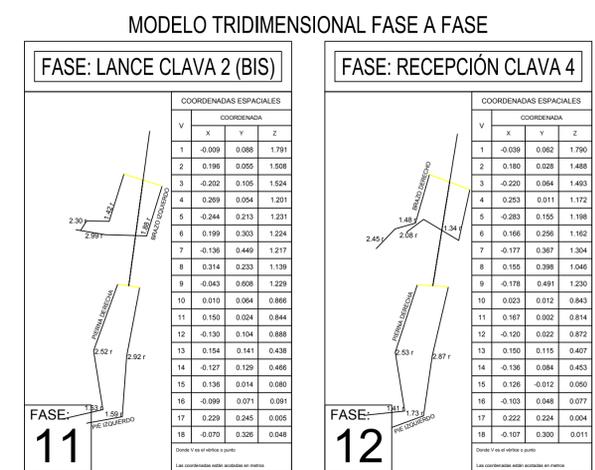
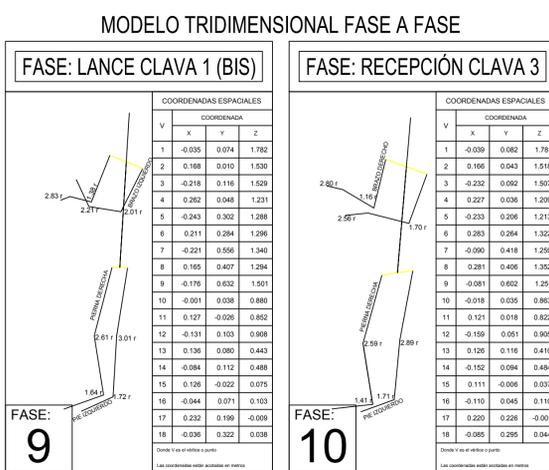
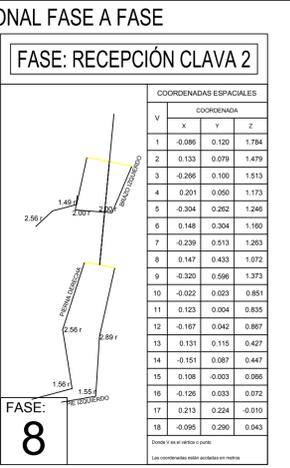
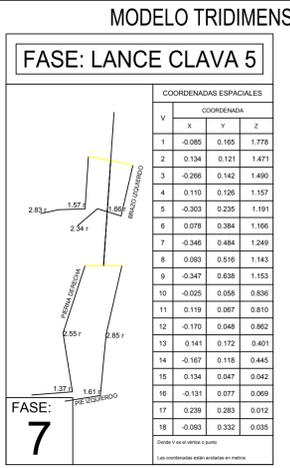
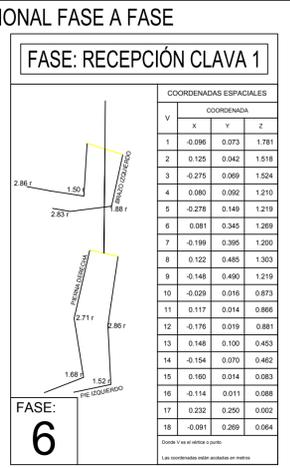
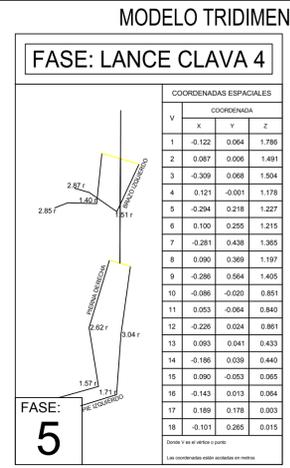
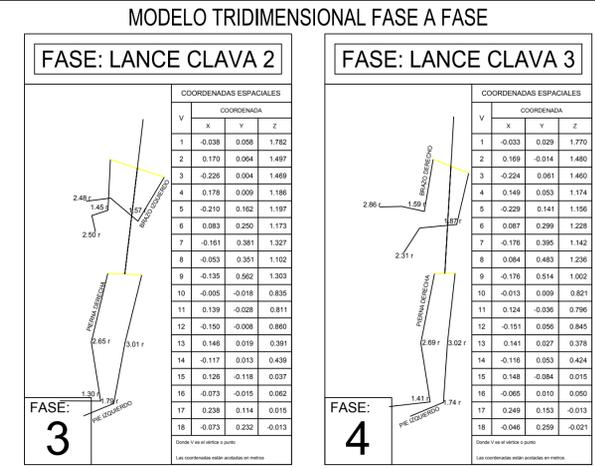
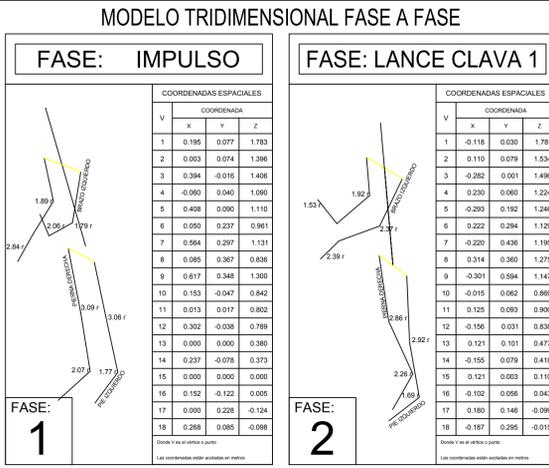
Reiterando la metodología conocida, lo que se hizo con ese vídeo fue segmentarlo en fotogramas. Y con el correspondiente temporal de la captura estereofotogramétrica –*también respaldada con el cronómetro*–, se identificó los catorce fotogramas que responden a las catorce fases del lance activo.

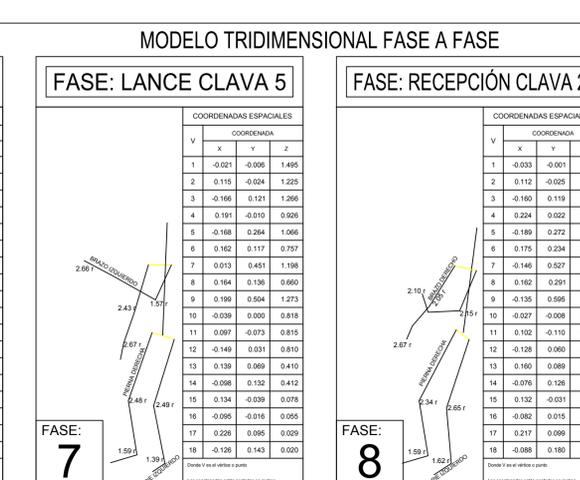
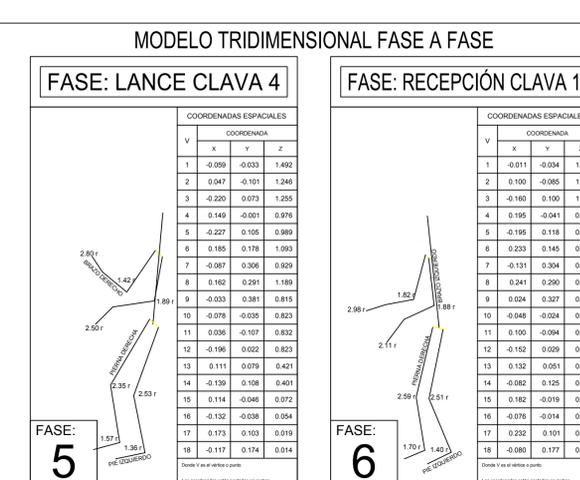
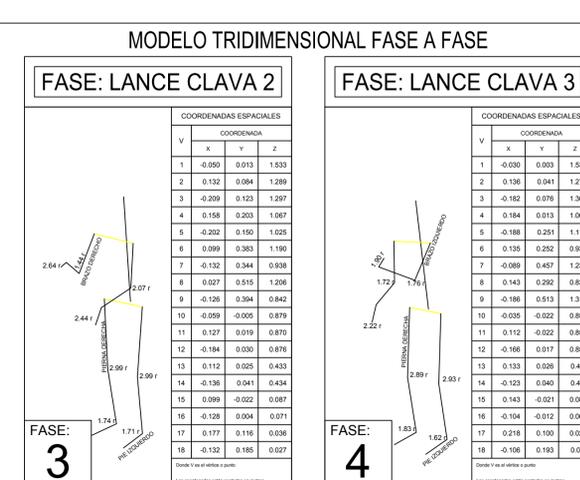
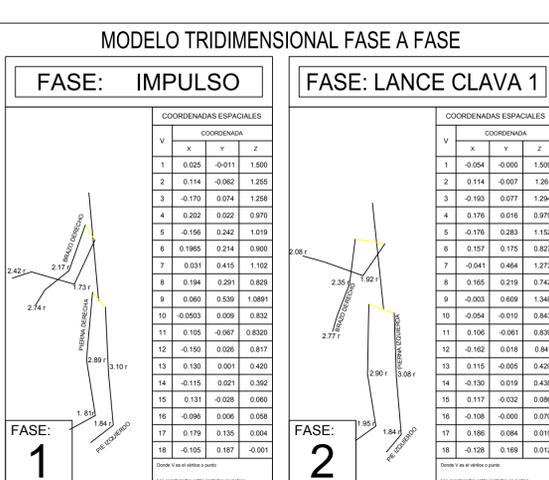
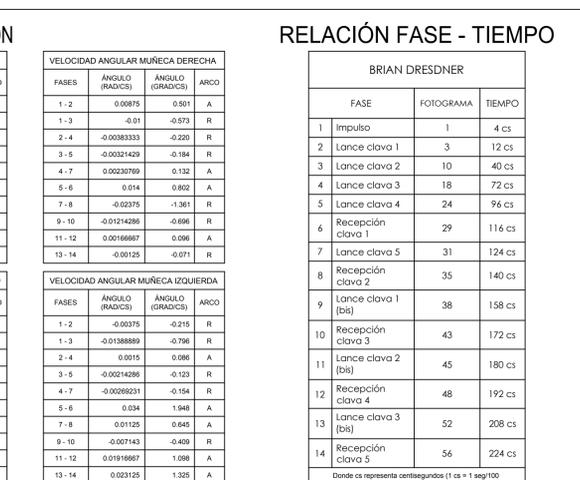
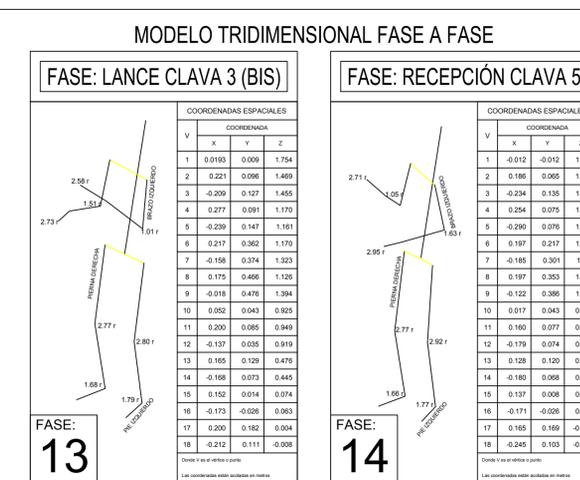
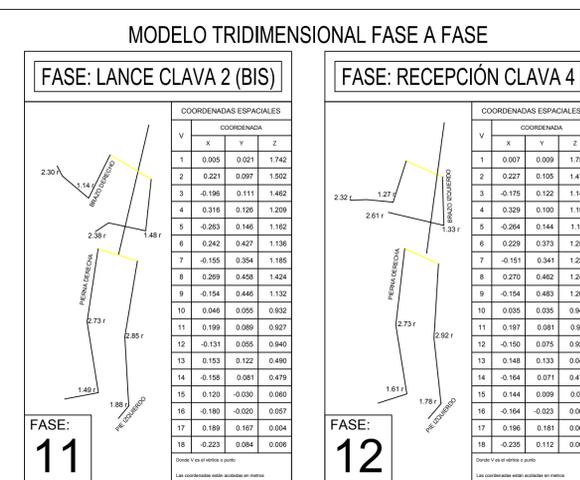
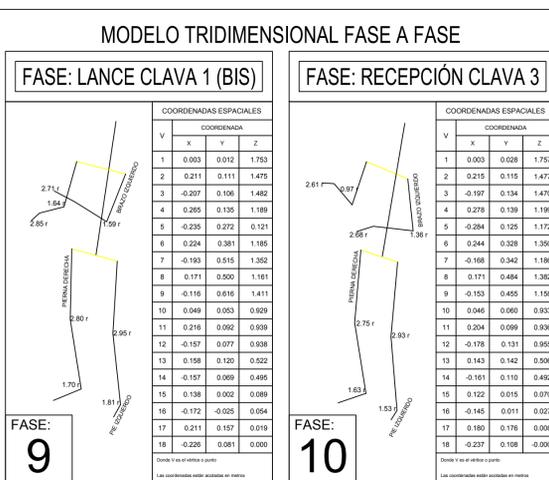
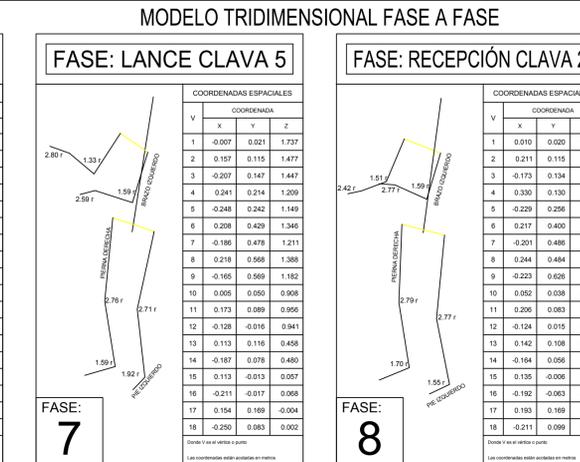
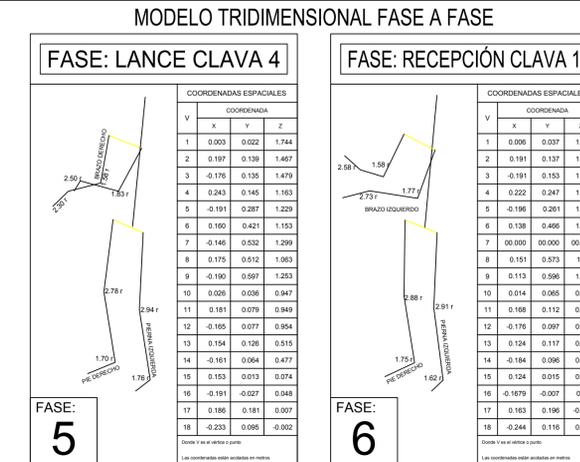
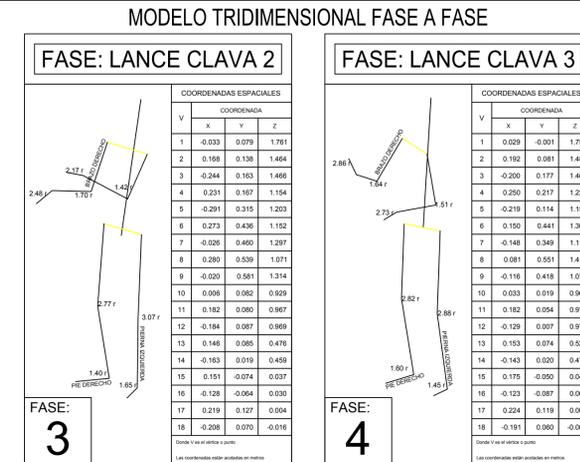
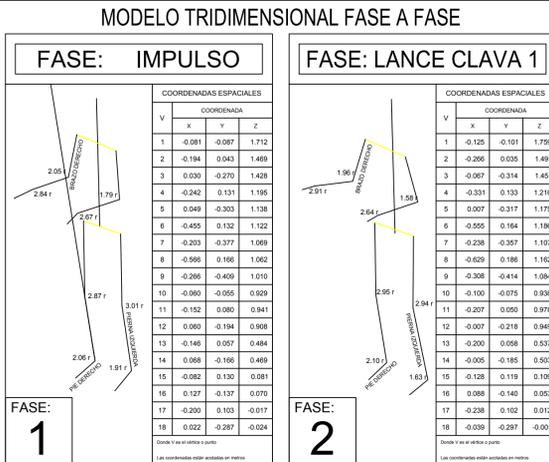
Una vez ubicados los fotogramas, se migraron a un entramado de rectas cruzadas o rejilla cuadrangular escalada en milímetros. Donde cada recuadro representa un milímetro. Al reportar desplazamientos en la conducta pupilar, se logró una descripción aproximada del gesto motor de la mirada estereoscópica.

Para este paso se eligió AUTOCAD, pero de nuevo se reitera la posibilidad de usar otras plataformas de diseño digital. Recuerde que lo único que se requiere es escalar a dimensiones reales el fotograma, como lo detalle en el punto 4.6 apartado “f”. En este caso se usó la fisura palpebral. Para Morris el valor reportado fue de 2.4cm, y con eso escalamos los fotogramas.

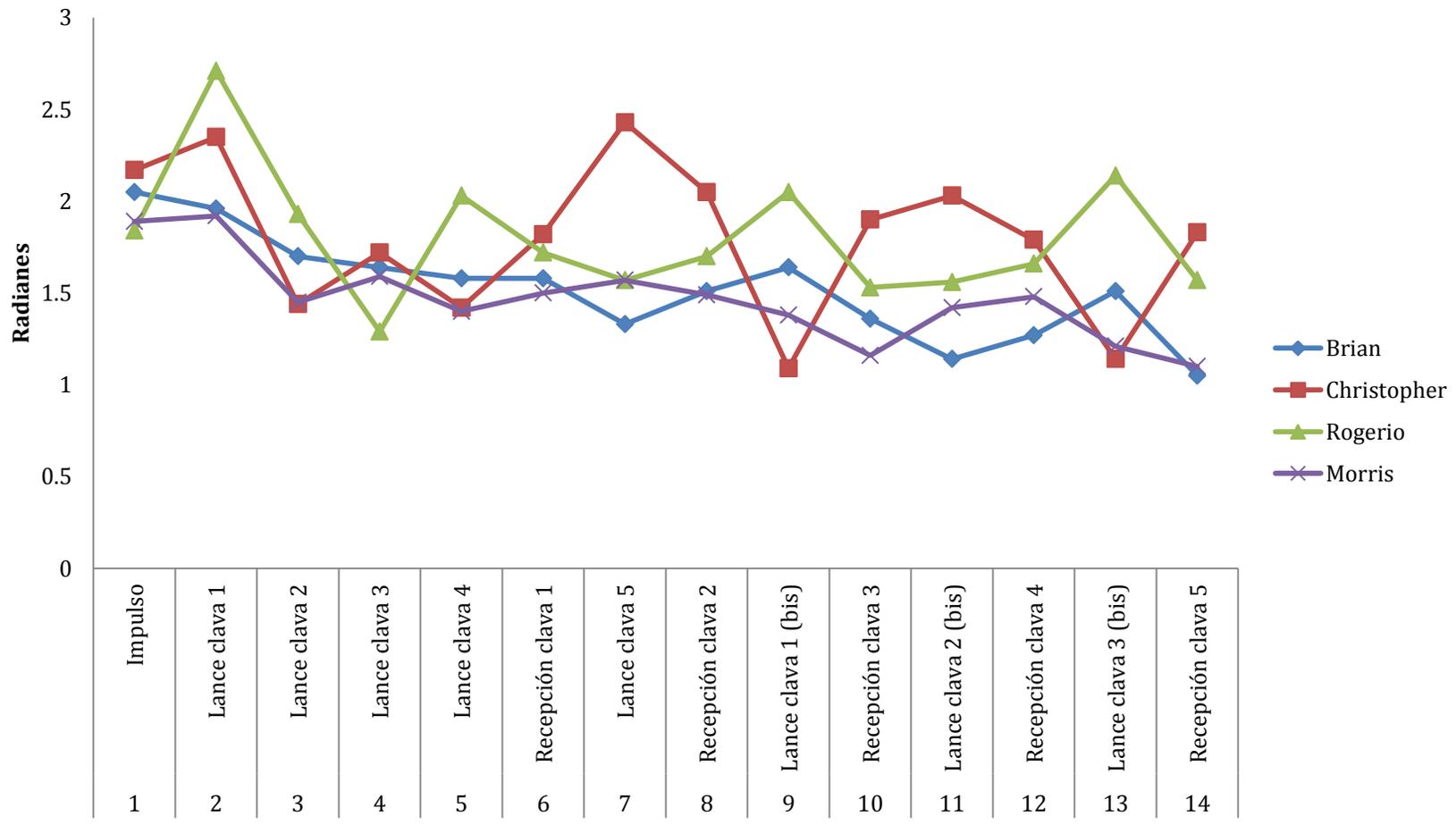


Resultados

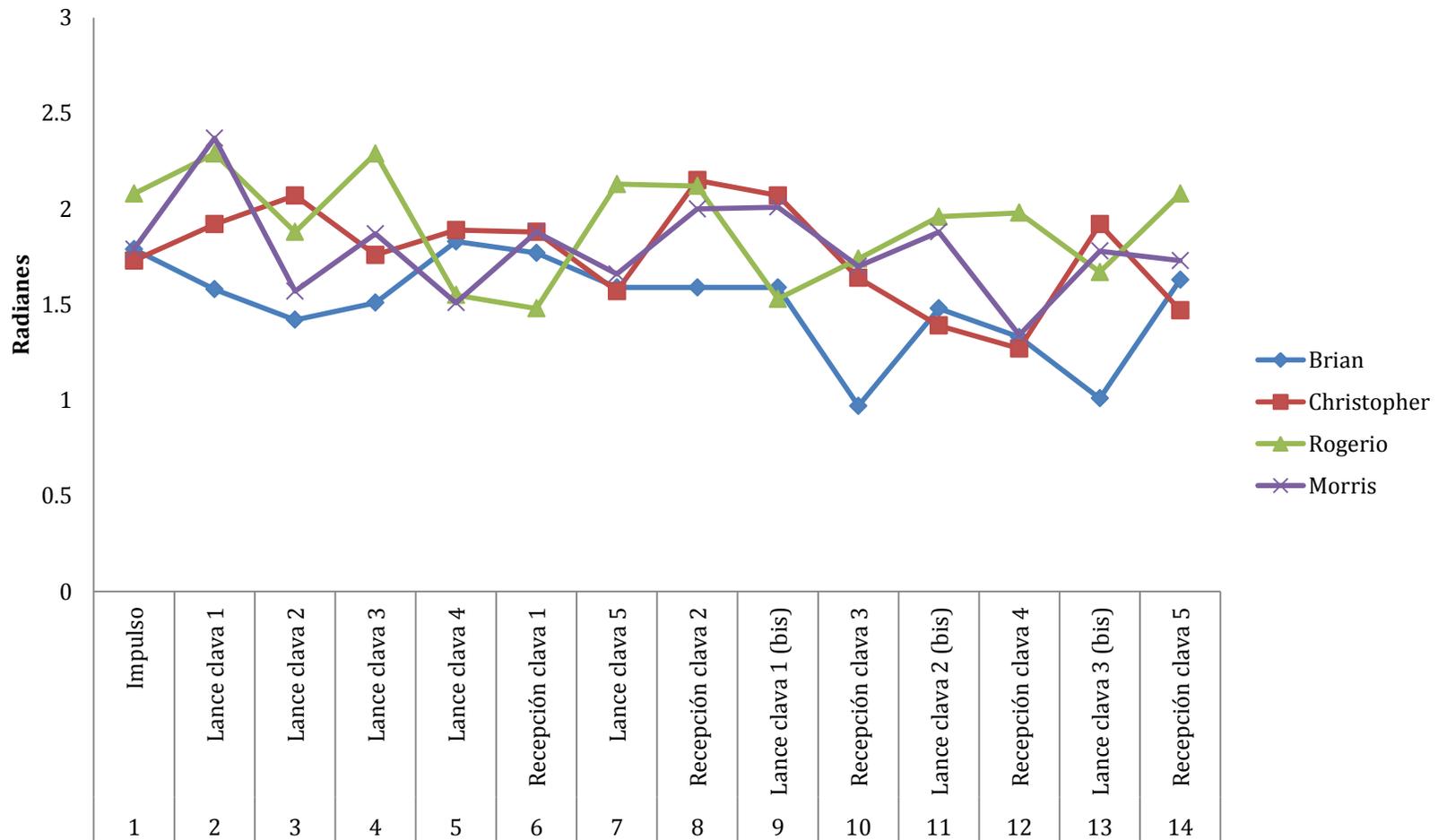




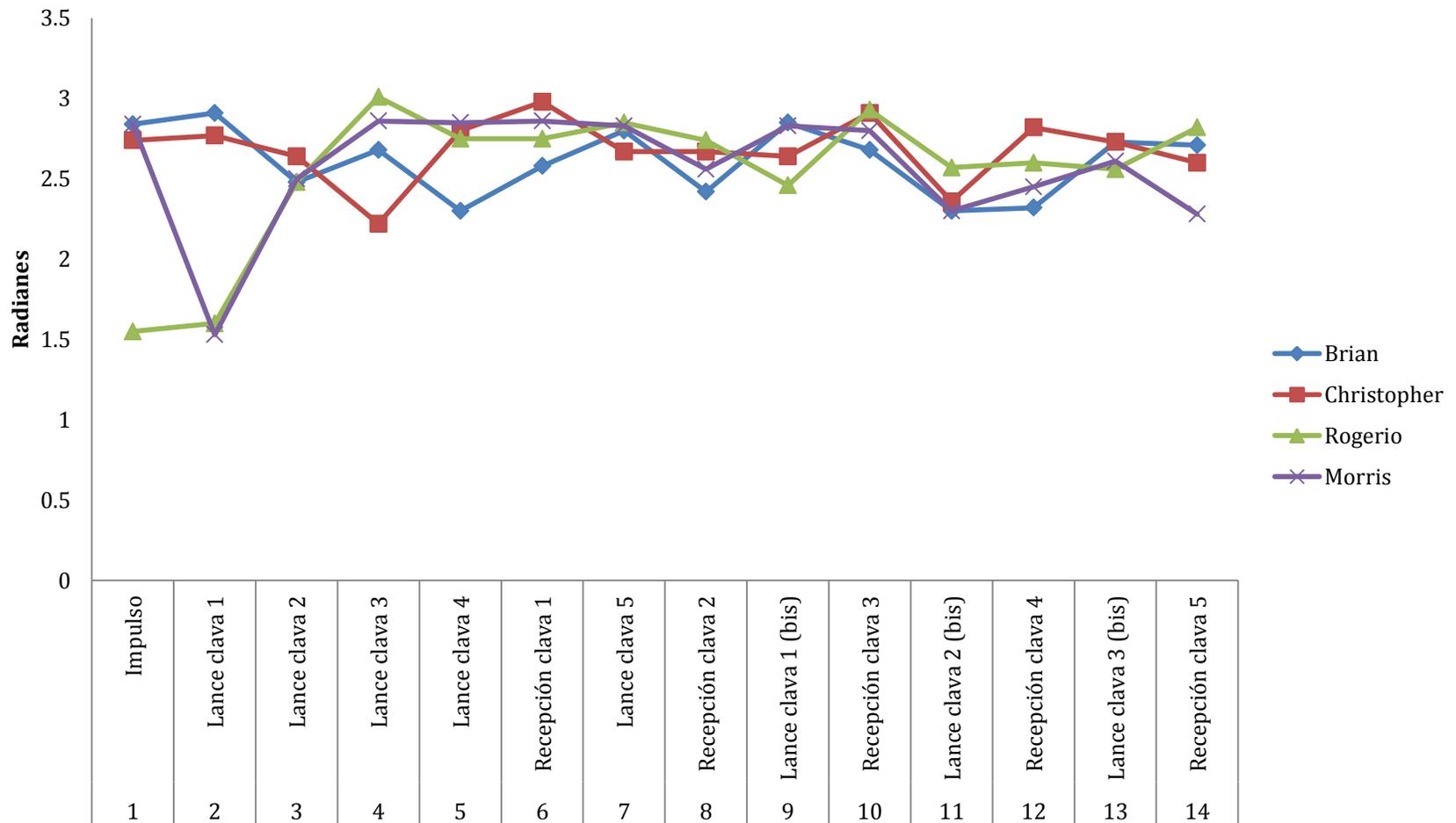
a) Comportamiento de arco en articulación glenohumeral derecha



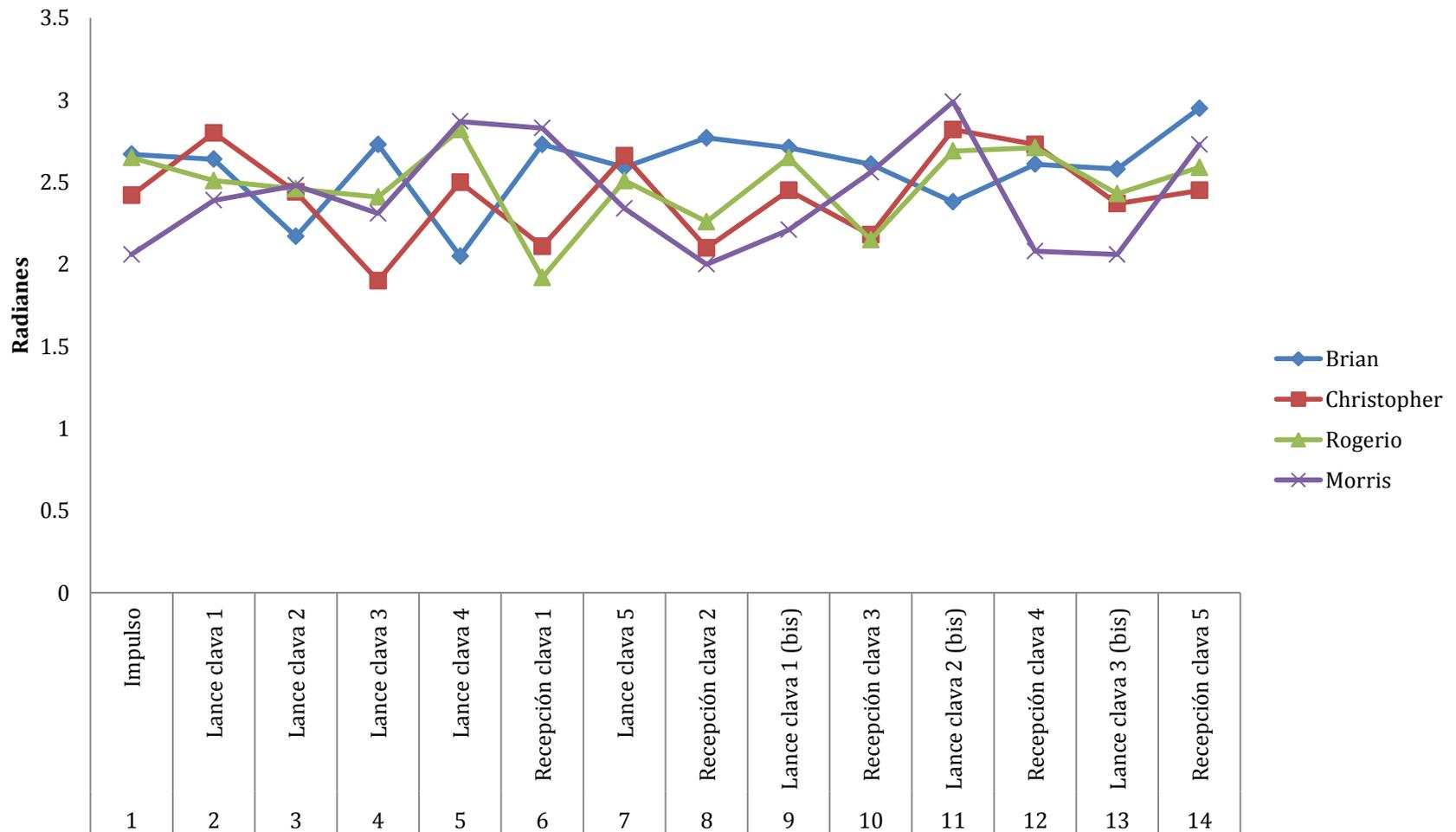
b) Comportamiento de arco en articulación glenohumeral izquierda



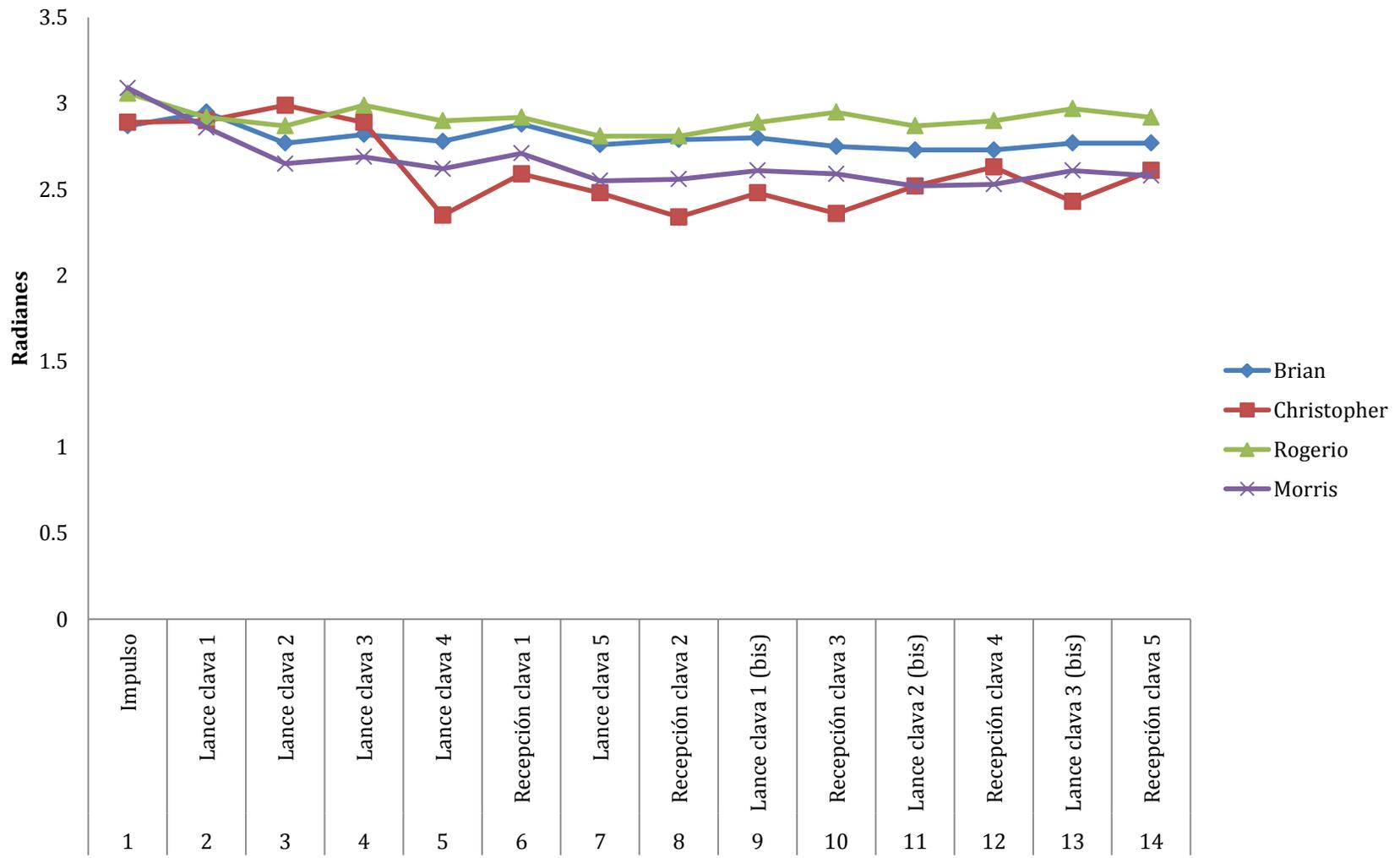
c) Comportamiento de arco en articulación radiocarpiana derecha



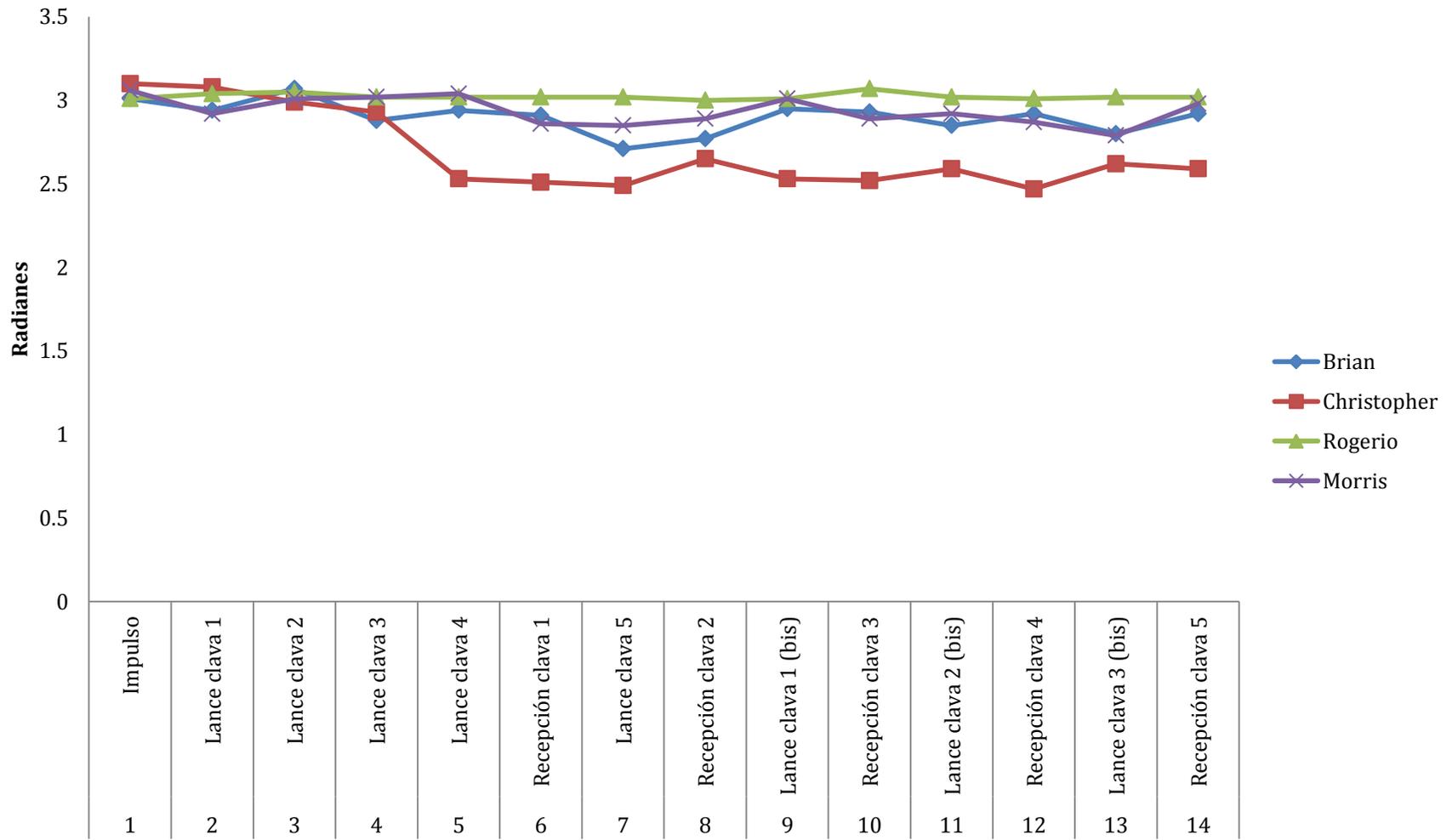
d) Comportamiento de arco en articulación radiocarpiana izquierda



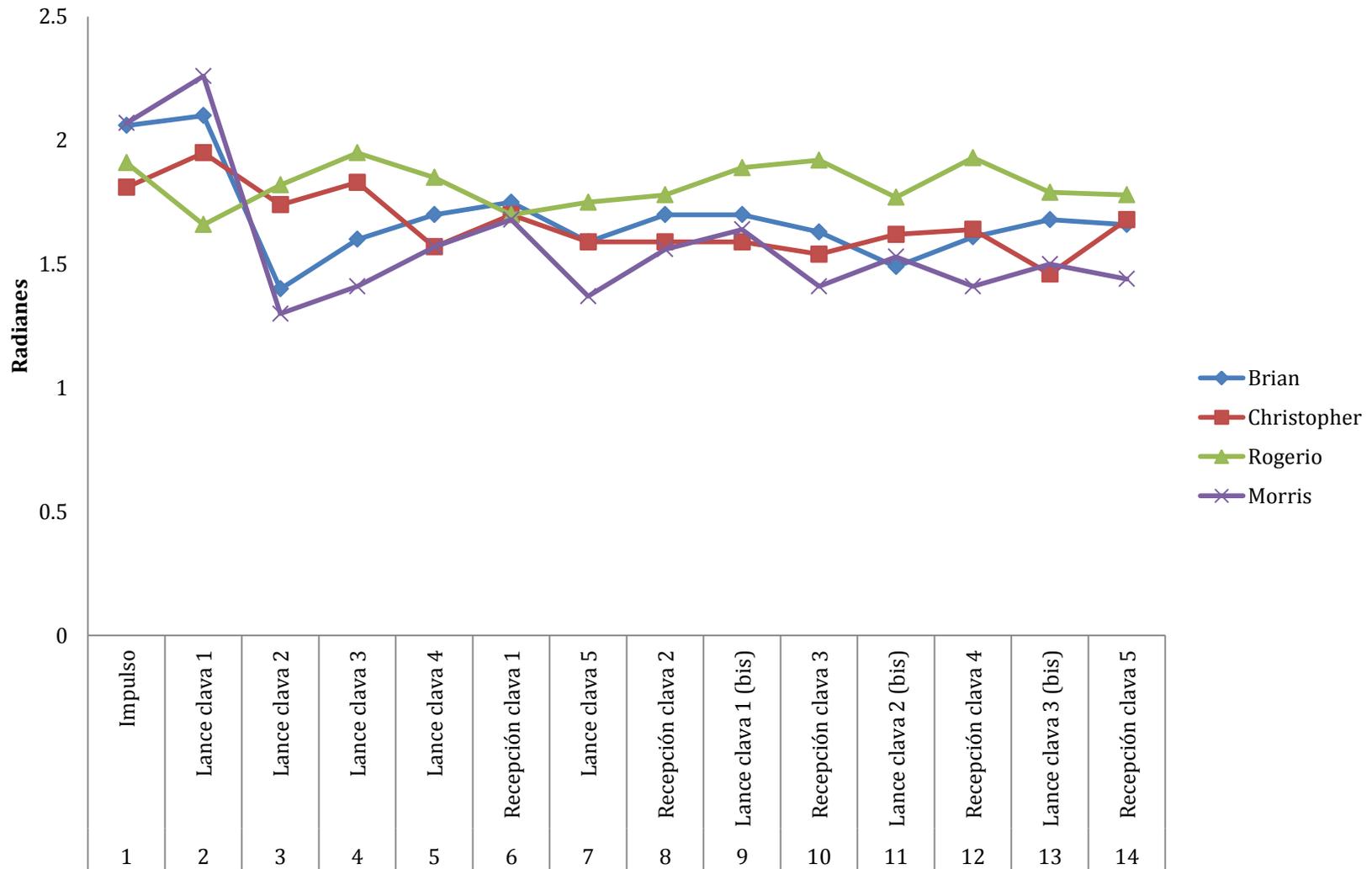
e) Comportamiento de arco en articulación femorotibiorotuliana derecha



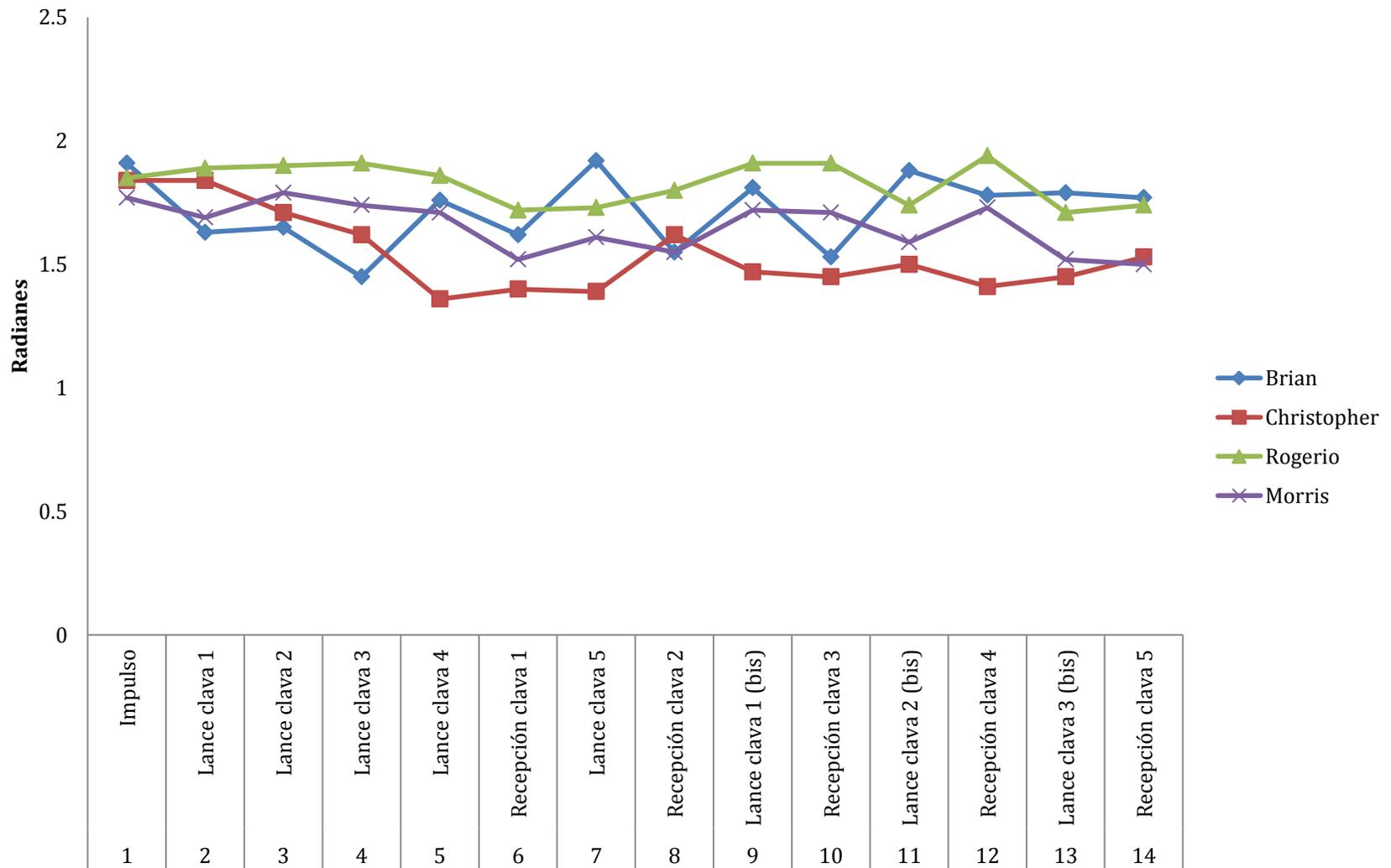
f) Comportamiento de arco en articulación femorotibiorotuliana izquierda



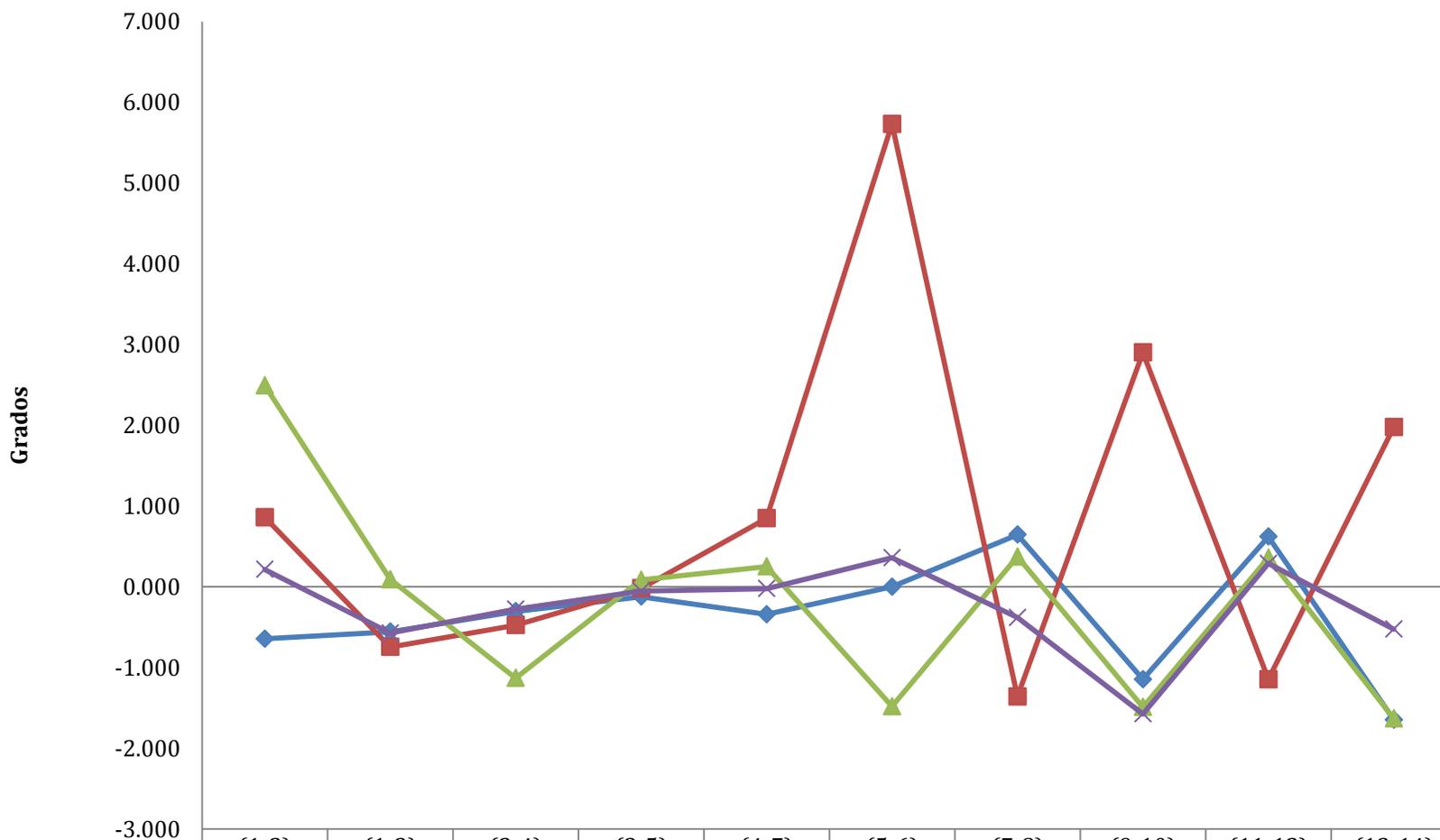
g) Comportamiento de arco en articulación tibioperoneostragalina derecha



h) Comportamiento de arco en articulación tibioperoneostragalina izquierda

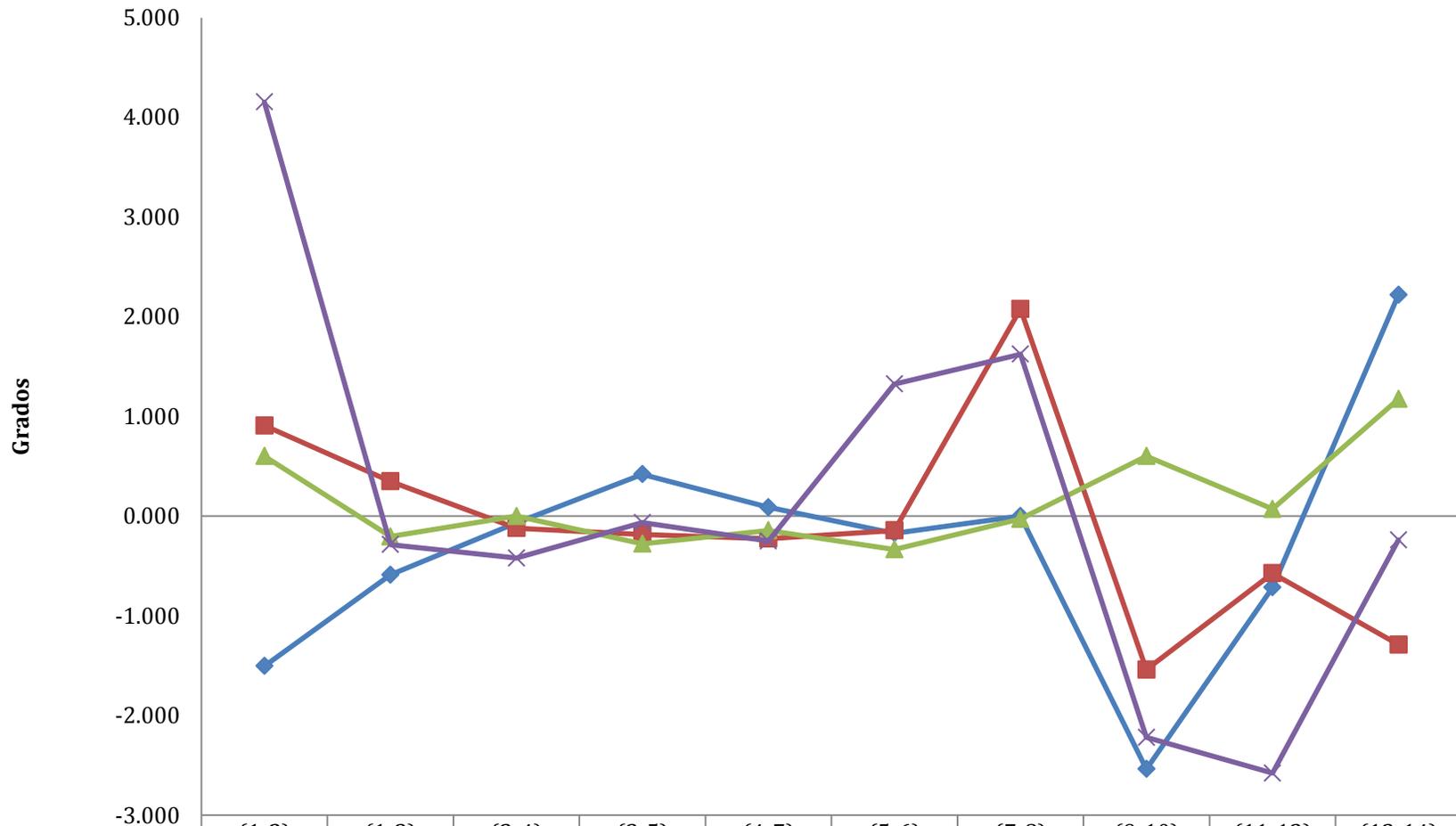


i) Velocidad articular glenohumeral derecha por FASES



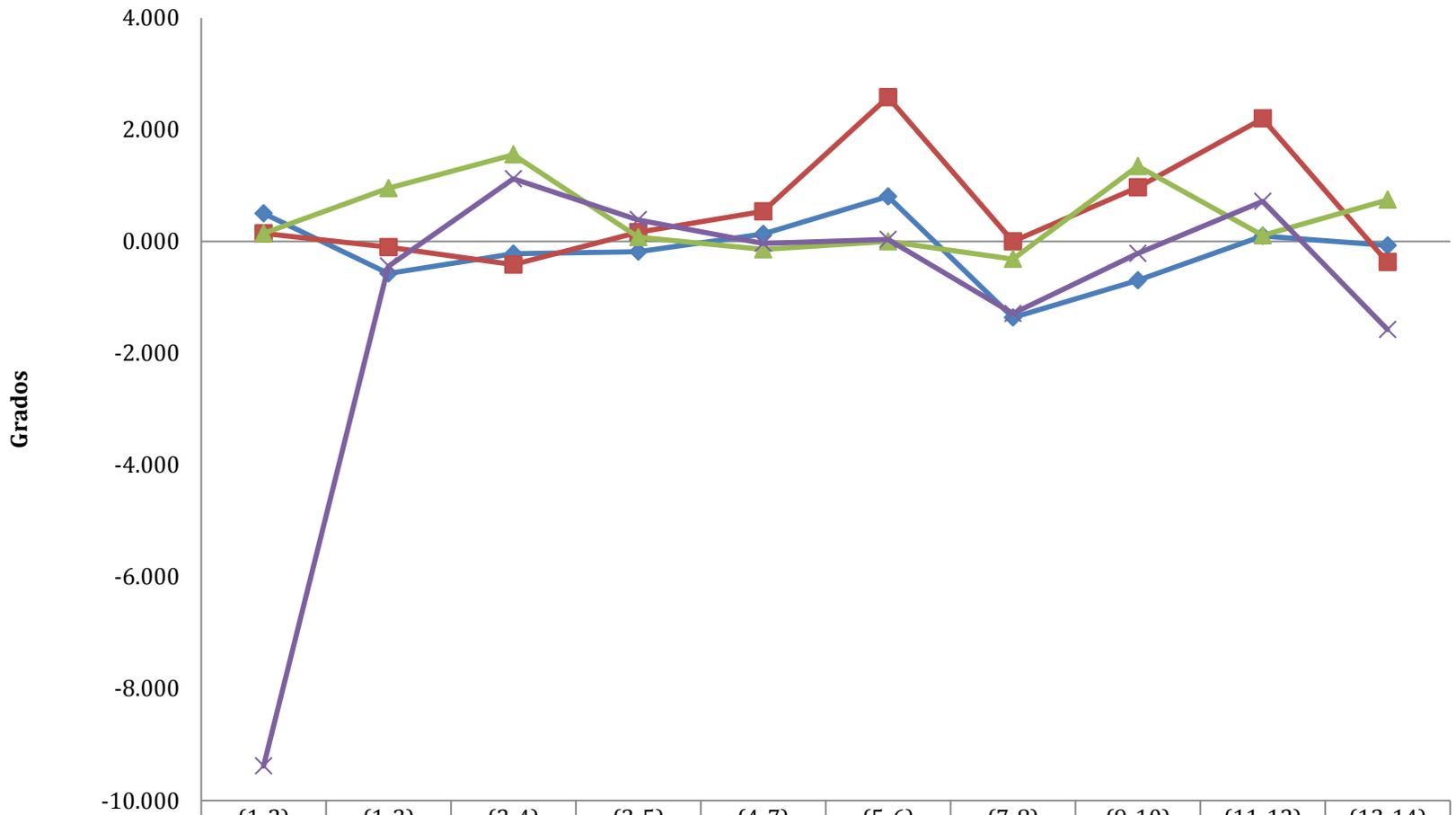
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	-0.645	-0.557	-0.306	-0.123	-0.342	0.000	0.645	-1.146	0.621	-1.647
■ Christopher	0.860	-0.747	-0.475	-0.020	0.848	5.730	-1.361	2.901	-1.146	1.977
▲ Rogerio	2.493	0.092	-1.130	0.084	0.251	-1.480	0.372	-1.490	0.358	-1.633
× Morris	0.215	-0.573	-0.278	-0.055	-0.023	0.358	-0.382	-1.576	0.287	-0.525

j) Velocidad articular glenohumeral izquierda por FASES



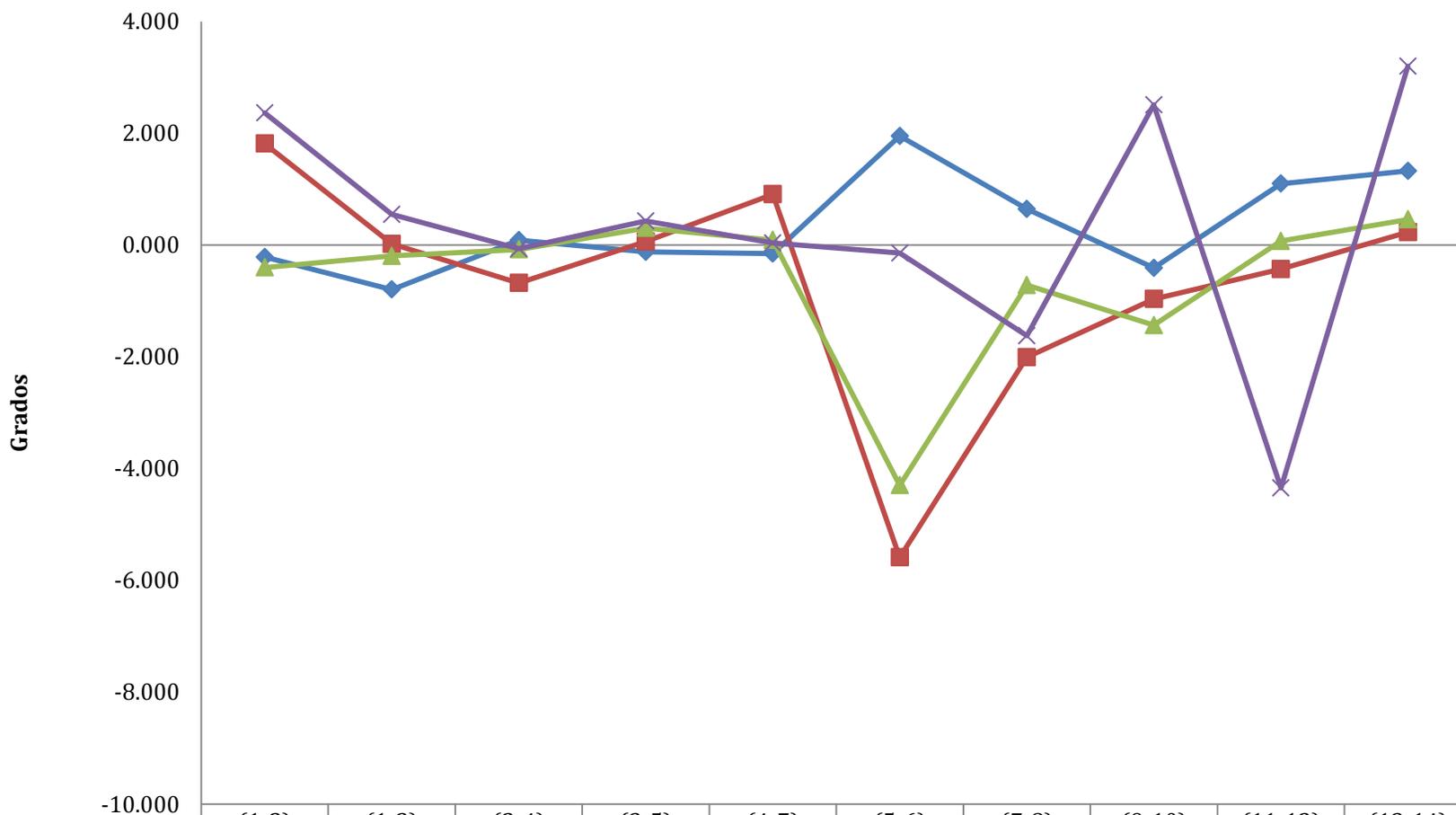
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	-1.504	-0.589	-0.067	0.420	0.088	-0.172	0.000	-2.538	-0.716	2.220
■ Christopher	0.907	0.348	-0.121	-0.184	-0.227	-0.143	2.077	-1.540	-0.573	-1.289
▲ Rogerio	0.602	-0.205	0.000	-0.278	-0.143	-0.334	-0.029	0.602	0.072	1.175
× Morris	4.154	-0.287	-0.421	-0.066	-0.251	1.325	1.623	-2.220	-2.579	-0.239

k) Velocidad articular radiocarpiana derecha por FASES



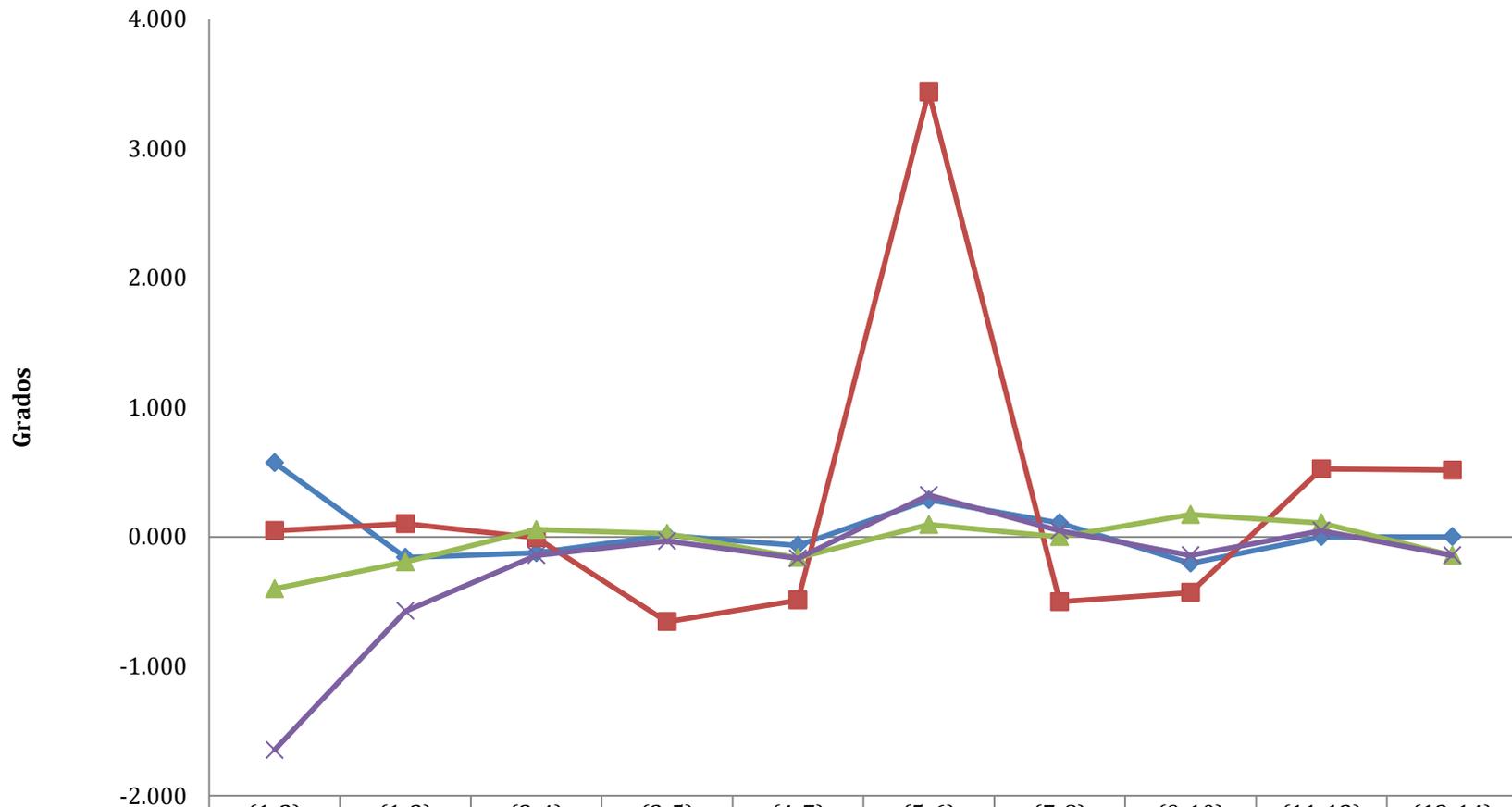
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	0.501	-0.573	-0.220	-0.184	0.132	0.802	-1.361	-0.696	0.096	-0.071
■ Christopher	0.143	-0.102	-0.415	0.164	0.537	2.579	0.000	0.966	2.196	-0.372
▲ Rogerio	0.143	0.952	1.552	0.076	-0.143	0.000	-0.315	1.347	0.107	0.745
× Morris	-9.383	-0.443	1.121	0.386	-0.036	0.036	-1.289	-0.215	0.716	-1.576

I) Velocidad articular radiocarpiana izquierda por FASES



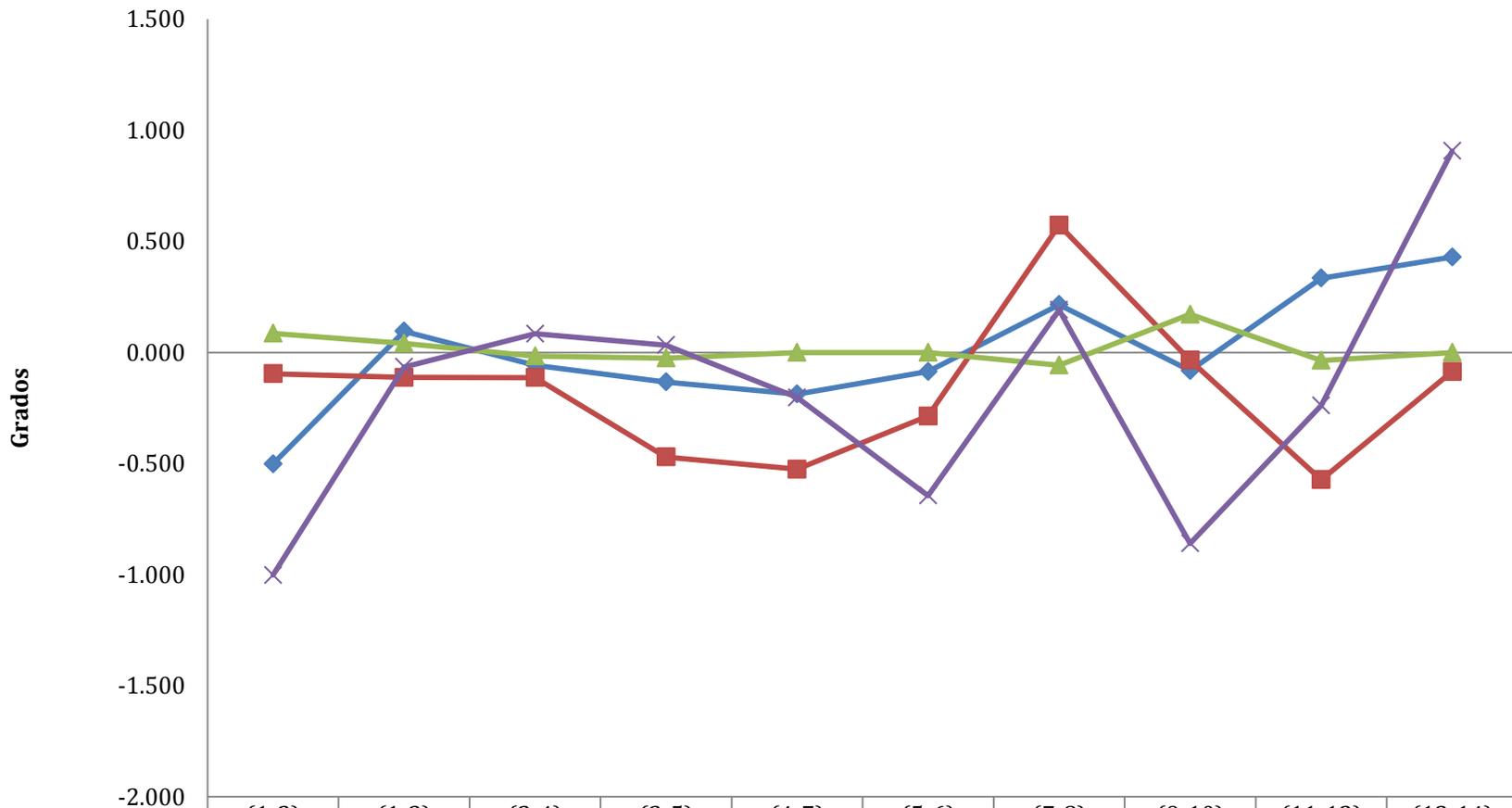
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	-0.215	-0.796	0.086	-0.123	-0.154	1.948	0.645	-0.409	1.098	1.325
■ Christopher	1.815	0.020	-0.679	0.061	0.907	-5.587	-2.006	-0.966	-0.430	0.229
▲ Rogerio	-0.401	-0.194	-0.080	0.303	0.090	-4.298	-0.716	-1.433	0.072	0.458
× Morris	2.364	0.547	-0.067	0.430	0.036	-0.143	-1.623	2.507	-4.345	3.199

m) Velocidad articular femorotibiorotuliana derecha por FASES



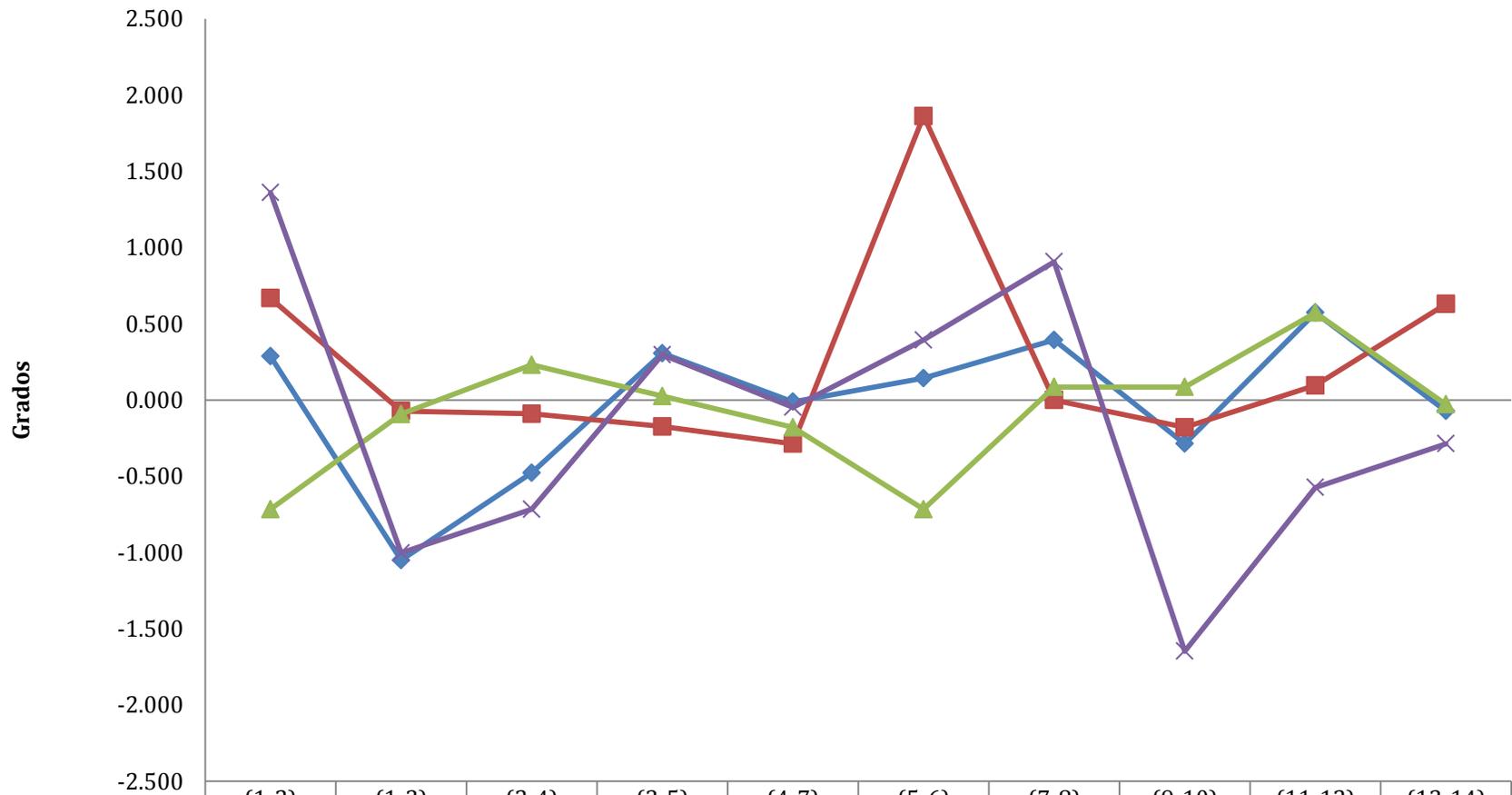
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	0.573	-0.159	-0.124	0.010	-0.066	0.287	0.107	-0.205	0.000	0.000
■ Christopher	0.048	0.102	-0.008	-0.655	-0.489	3.438	-0.501	-0.430	0.525	0.516
▲ Rogerio	-0.401	-0.194	0.056	0.025	-0.161	0.096	0.000	0.172	0.107	-0.143
× Morris	-1.647	-0.573	-0.143	-0.033	-0.167	0.322	0.048	-0.143	0.048	-0.143

o) Velocidad articular femorotibiorotuliana izquierda por FASES



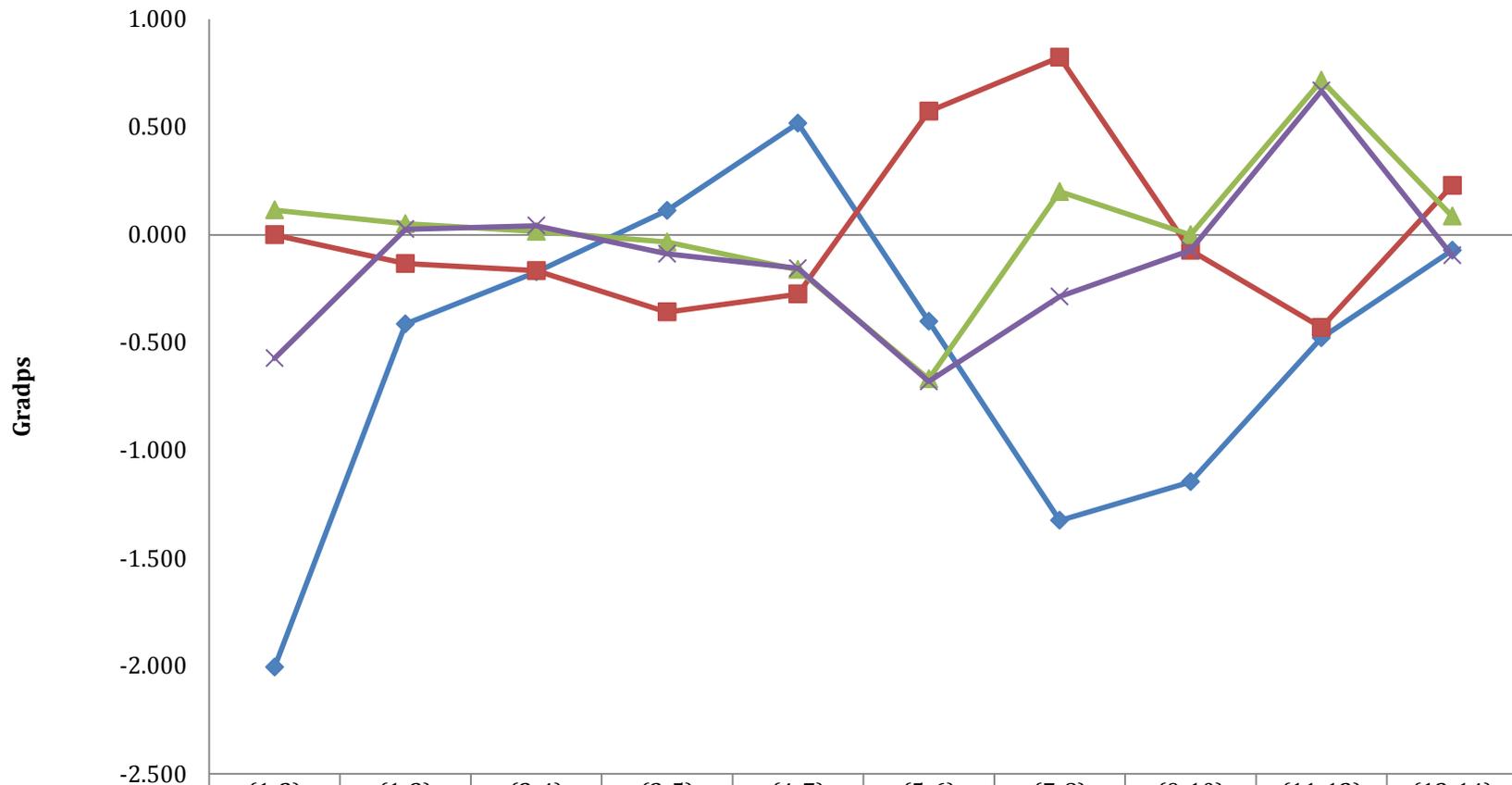
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	-0.501	0.096	-0.057	-0.133	-0.187	-0.086	0.215	-0.082	0.334	0.430
■ Christopher	-0.096	-0.113	-0.113	-0.471	-0.525	-0.287	0.573	-0.035	-0.573	-0.086
▲ Rogerio	0.086	0.041	-0.016	-0.025	0.000	0.000	-0.057	0.172	-0.036	0.000
× Morris	-1.003	-0.065	0.084	0.033	-0.203	-0.645	0.191	-0.860	-0.239	0.907

p) Velocidad articular tibioperoneostragalina derecha por FASES



	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	0.287	-1.050	-0.477	0.307	-0.011	0.143	0.394	-0.287	0.573	-0.072
■ Christopher	0.669	-0.072	-0.090	-0.174	-0.287	1.862	0.000	-0.179	0.096	0.630
▲ Rogerio	-0.716	-0.092	0.231	0.025	-0.179	-0.716	0.086	0.086	0.573	-0.029
× Morris	1.361	-1.003	-0.716	0.298	-0.048	0.394	0.907	-1.647	-0.573	-0.287

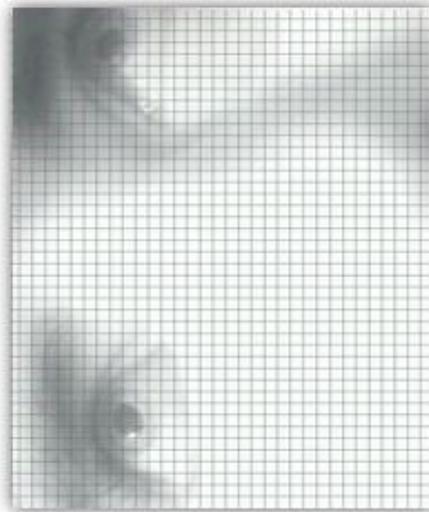
q) Velocidad articular tibioperoneostragalina izquierda por FASES



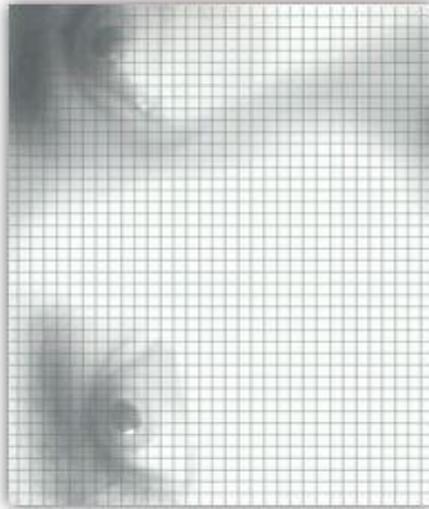
	(1-2)	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-7)	(5-6)	(7-8)	(9-10)	(11-12)	(13-14)
◆ Brian	-2.006	-0.414	-0.172	0.113	0.518	-0.401	-1.325	-1.146	-0.477	-0.072
■ Christopher	0.000	-0.133	-0.166	-0.358	-0.275	0.573	0.824	-0.072	-0.430	0.229
▲ Rogerio	0.115	0.051	0.016	-0.034	-0.161	-0.669	0.201	0.000	0.716	0.086
× Morris	-0.573	0.026	0.042	-0.088	-0.155	-0.680	-0.287	-0.072	0.669	-0.096

5.2.

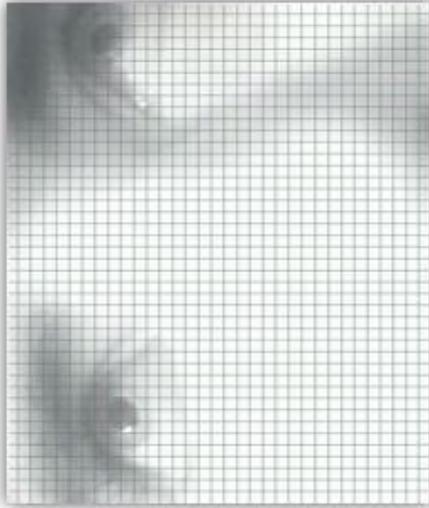
Comportamiento ocular por FASES



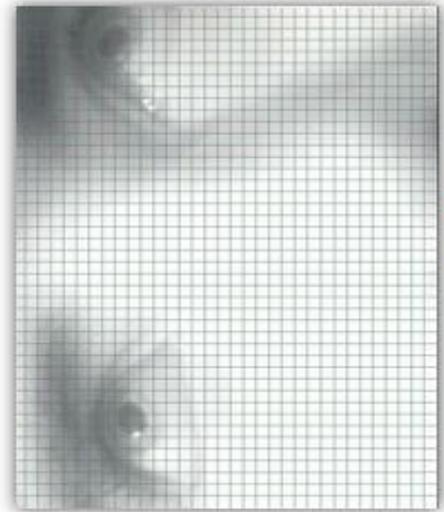
I. Impulso



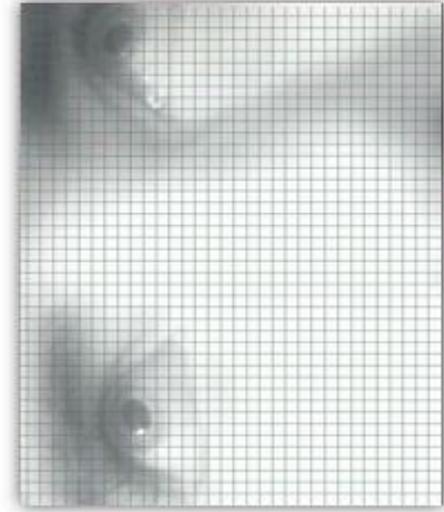
II. Lance clava 1



III. Lance clava 2

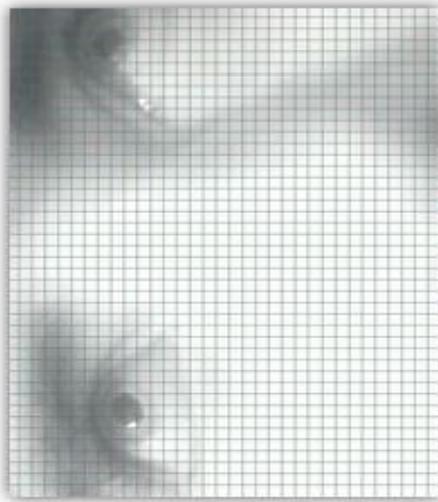


IV. Lance clava 3

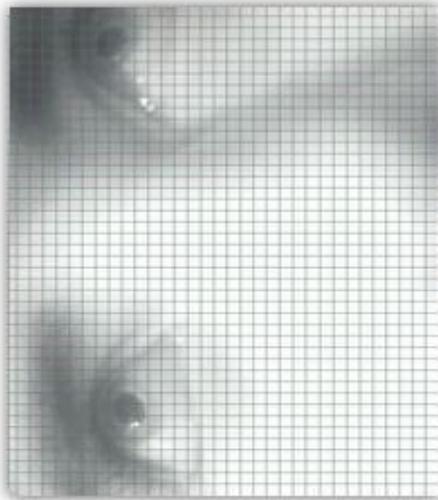


V. Lance clava 4

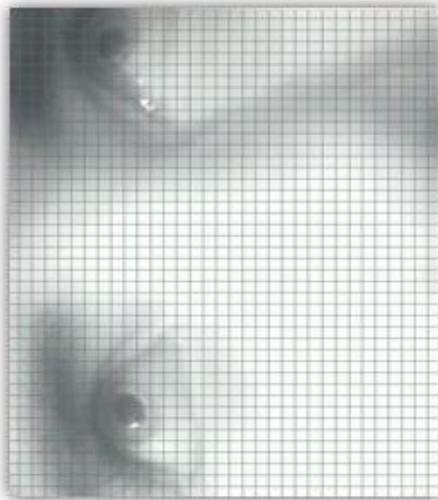
Comportamiento ocular por FASES



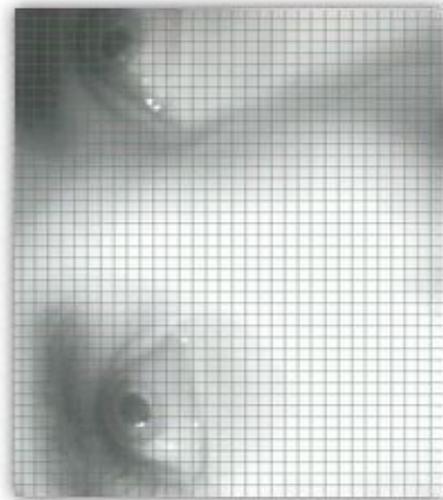
VI. Recepción clava 1



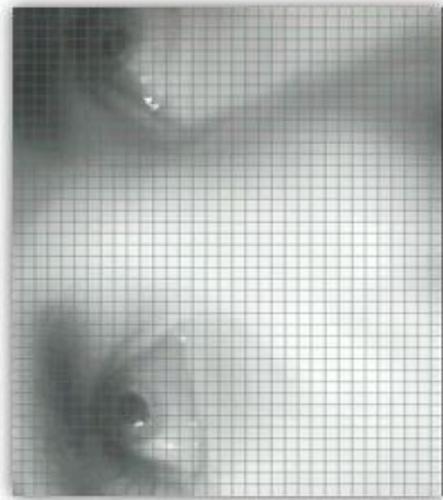
VII. Lance clava 5



VIII. Recepción clava 2



IX. Lance clava 1 (bis)



X. Recepción clava 3

Comportamiento ocular por FASES



XI. Lance clava 2 (bis)



XII. Recepción clava 4



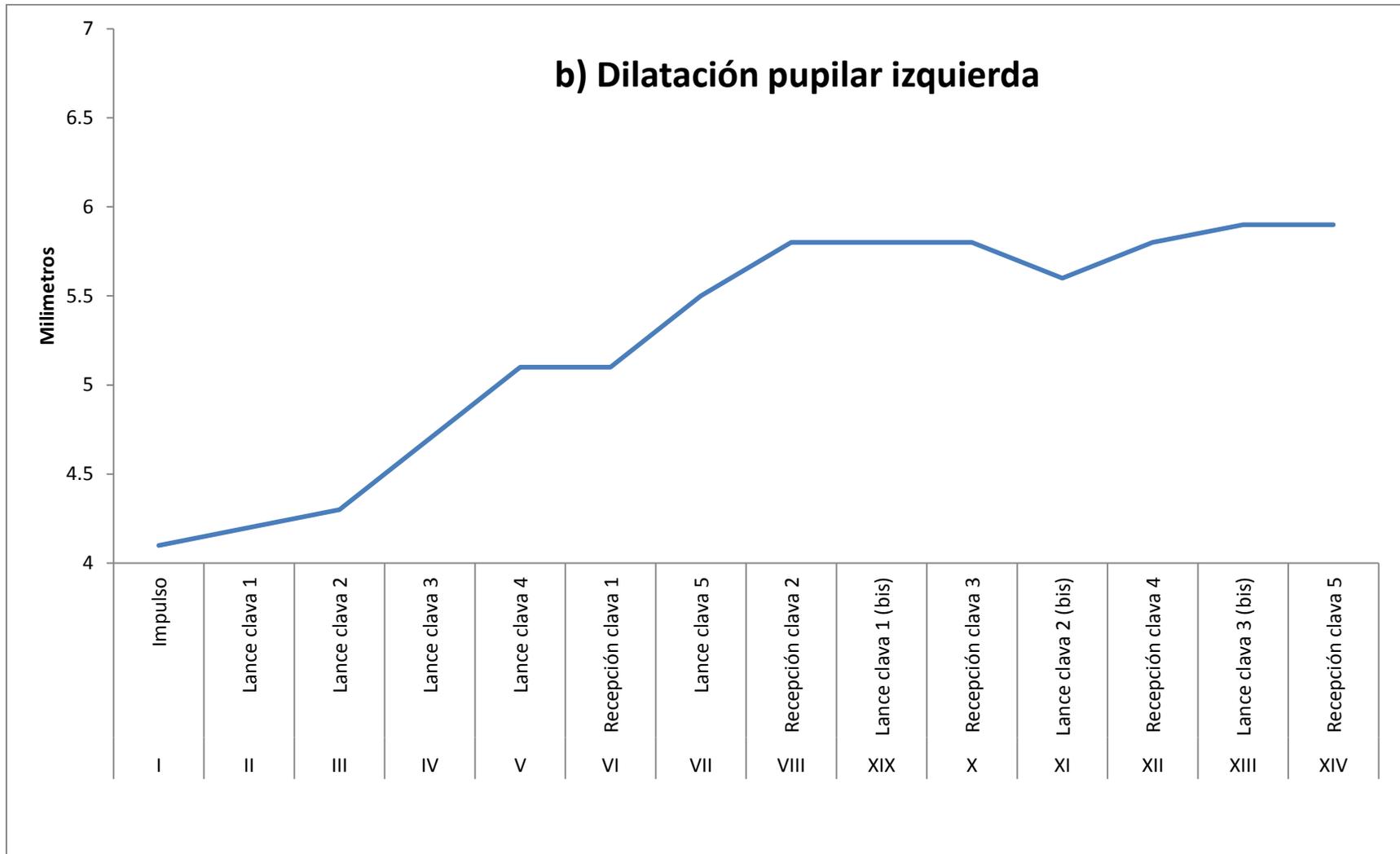
XIII. Lance clava 3 (bis)



XIV. Recepción clava 5

a) Dilatación pupilar derecha





6.

Epílogo

6.1 Conclusiones generales.

a) Primera formulación general:

La composición de fases al expulsar y recibir cinco objetos de manera coordinada, expone la reiteración de un modelo de lance mecánicamente idéntico, en los cuatro malabaristas élite que integran el estudio. Detallado de otra forma: no hay manera de que el lanzamiento y recepción de cinco objetos (clavas) incorporados en una propulsión por muñequo cruzado (modalidad cascada), pueda suceder de otra forma que no sea a través de catorce fases.

Ese principio confirma que efectuar malabares es una acción motriz que opera bajo principios predictivos estables, como lo apuntan los modelos “*siteswap*”. Y que realizar malabares ajusta a patrones de desplazamiento previamente delimitados en el número de objetos a lanzar, la modalidad y el combinado de trucos posibles.

b) Segunda formulación general:

Afirmar que existen etapas específicas o edades asociadas para la conformación de un malabarista élite, es empíricamente imposible para este estudio. Por lo que el cuestionamiento planteado bajo el inciso “a)” del modelo de investigación en el apartado 1.4, es técnicamente etéreo.

Si bien el cruzamiento de información mediante la técnica etnográfica de “*historias de vida*” a través de integración del cuestionario por componentes segmentados, posibilita identificar que los cuatro malabaristas élites, sí reportan que su umbral de adquisición motriz para malabares ocurrió entre los siete y doce años de edad. También se encontró tergiversación de relatos.

“En el seguimiento de la recopilación de datos en campo, encontré narraciones que no son sustentadas por sus familiares o contratantes. Algunas sí, otras no. Aunado a múltiples referencias cotidianas donde al

escuchar o leer sus exposiciones sobre el cómo llegaron a ser malabaristas profesionales, topaba con contrasentidos temporales. Algunas están difundidas en prensa nacional o en cápsulas de entretenimiento para televisión” (Nota personal en bitácora de campo 2013).

Con esto no quiero señalar otra cosa que no sea lo complicado de tomar por cierto todos sus relatos. Y especificar que de hacerlo, entonces se estaría falseando con otras declaraciones. Si se quisiera construir sobre la postura de los periodos sensibles para la consumación de un malabarista élite, se debería de hacer un estudio longitudinal.

Personalmente creo que dichos umbrales biológicos pueden ser capitalizados para la formación de deportistas de alto rendimiento. Y en términos discursivos dentro de las historias de vida; se puede decir que sí ocurrieron canalizaciones “positivas” para lograr ciertos aprendizajes especializados. Particularmente, mencionaría que todos se familiarizaron de manera muy temprana con el “*dominio predictivo del lance*”, aspecto que más adelante se abordará, y el cuál encuentro atado a la idea de etapas específicas o edades asociadas para la formación del malabarista élite.

6.2. Exposición específica de la técnica del lance activo.

Para responder la pregunta del apartado 1.4 inciso “b)”, que alude a la diferencia biomecánica en la técnica del lanzamiento de los cuatro malabaristas élite. Se requiere proceder a segmentar por apartados el enfoque de los tres gestos motores.

a) Observación: Gesto motor del posicionamiento del cuerpo

En términos generales sobre el gesto motor posicionamiento del cuerpo, se prescribe que existe homogeneidad de parado en los cuatro malabaristas élite. Debido a que todos comparten lo que en su argot se conoce como la posición en

“A”, que responde a una interacción espacial donde el cuerpo de los ejecutantes se acomoda metafórica y simuladamente bajo la estructura de una letra “A” mayúscula.

En ese sentido la forma de “A”, refiere a un parado donde los dos pies se encuentran espaciados uno del otro, creando un compás semi-abierto, pauta que requiere que ambas rodillas compartan la misma altura o muy aproximada, provocando que las rodillas se flexionen y generen una amplitud de arco determinada como “semejante”. Los codos se aproximan al tronco a la par que brazos y manos son trasladados al frente, de esta postura emerge la referencia figurativa a una letra “A” mayúscula.

La manera más sencilla de corroborar dicha posición es observar una altura constante y similar, entre rodilla izquierda y rodilla derecha como se muestra en la tabla 6.1

Aproximación entre los valores de altura de las rodillas en la FASE IMPULSO				
	Rogério	Morris	Christopher	Brian
Rodilla derecha	43.4cm	38.0cm	42.0cm	48.4cm
Rodilla izquierda	43.0cm	37.3cm	39.2cm	46.9cm
Aproximación entre los valores de altura de las rodillas en la FASE RECEPCIÓN CLAVA 1				
Rodilla derecha	45.9cm	45.3cm	38.2cm	49.8cm
Rodilla izquierda	44.4cm	46.2cm	39.2cm	49.7cm
Aproximación entre los valores de altura de las rodillas en la FASE LANCE CLAVA 3 (BIS)				
Rodilla derecha	45.0cm	43.6cm	39.0cm	47.3cm
Rodilla izquierda	46.1cm	47.0cm	40.5cm	44.5cm
Aproximación entre los valores de altura de las rodillas en la FASE RECEPCIÓN CLAVA 5				
Rodilla derecha	44.0cm	39.7cm	39.1cm	45.5cm
Rodilla izquierda	44.3cm	40.6cm	39.8cm	45.6cm

Tabla 6.1. Comparativo entre la altura de ambas rodillas para cada malabista élite, que muestra la similitud constante de parado.

Es importante aclarar que los gráficos de la velocidad angular en la articulación femorotibiorotuliana (apartado 5, pág. 176-177), exhiben una conducta homogénea entre los cuatro malabaristas élite (exceptuando una alza en la velocidad articular femorotibiorotuliana derecha en la fase 5-6 de Christopher, que se justifica porque extendió el arco de su rodilla para alcanzar un lance

comprometido), por eso no se requiere reconstruir el desplazamiento mediante el análisis de velocidad angular de arcos articulares.

En el terreno del reduccionismo podríamos abogar por menudas variaciones de amplitud, reducción o neutralidad de arco entre el pareamiento de las catorce fases de lanzamiento (1-2, 1-3, 2-4, 3-5, 4-7, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, y 13-14), pero su ocurrencia no es significativa para modificar el parado. Así, al retomar los valores del arco radian en la articulación femorotibiorotuliana en cualquiera de las fases, encontraremos que su conducta es semejante entre sus pares previas y posteriores (Tabla.6.2)

Valor de arco en radianes para la articulación de rodilla FASE IMPULSO				
	Rogerio	Morris	Christopher	Brian
Rodilla derecha	3.06r	3.09r	2.89r	2.87r
Rodilla izquierda	3.01r	3.06r	3.10r	3.01r
Valor de arco en radianes para la articulación de rodilla FASE RECEPCIÓN CLAVA 1				
Rodilla derecha	2.92r	2.71r	2.59r	2.88r
Rodilla izquierda	3.02r	2.86r	2.51r	2.91r
Valor de arco en radianes para la articulación de rodilla FASE LANCE CLAVA 3 (BIS)				
Rodilla derecha	2.97r	2.61r	2.43r	2.77r
Rodilla izquierda	3.02r	2.79r	2.62r	2.80r
Valor de arco en radianes para la articulación de rodilla FASE RECEPCIÓN CLAVA 5				
Rodilla derecha	2.92r	2.58r	2.61r	2.77r
Rodilla izquierda	3.02r	2.98r	2.59r	2.92r

Tabla 6.2. Comparativo entre arcos de ambas rodillas para cada malabista élite, en fases del lance activo que muestra la similitud constante de parado.

En términos de tendencia el parado o postura en “A”, se mantiene con una mayor o menor flexión en las rodillas y respetando dos alturas generales: estatura parado y altura rodilla a suelo, como constantes. Ambas mediciones conocidas mediante los valores reportados en la cédula antropométrica.

Para demostrar el punto anterior disponga la revisión del modelo tridimensional fase a fase en el apartado 5.1 (pág.162-163), dentro de cada fase del modelo encontrará un cajón con las coordenadas espaciales de cada vértice. Tenga a guía el equivalente corporal dentro del modelo de vértices. Para este ejercicio necesitamos saber que rodilla derecha e izquierda corresponden al vértice 13 y

14, respectivamente. Después ubique el cajón con el eje de coordenadas “Z”, éste reporta la altura en metros con tres decimales.

Como se dará cuenta se pueden observar los valores para cada fase. El comparativo aquí agrupado en la figura 6.1, retoma: FASE IMPULSO, FASE RECEPCIÓN CLAVA 1, FASE LANCE CLAVA 3 (BIS), y FASE RECEPCIÓN CLAVA 5, bajo una elección arbitraria (evoque que podrían ser de cualquier fase porqué es una tendencia constante), para demostrar la homologación de la altura para las rodillas.

Simplemente, observe que tan distante es la altura de la rodilla derecha en relación con la rodilla izquierda, durante el lance activo, en esos cuatro momentos.

Después de un instante, encontrará que las alturas tienden a ser muy cercanas, y en casos muy particulares a distanciarse cerca de 4 centímetros, pero generalmente manteniéndose muy próximos.

¿Eso qué nos dice?, sencillo: la ubicación espacial de las rodillas durante la ejecución del lance activo, reporta una manera de pararse. Y en este caso, el parado entre los cuatros malabaristas es muy parecido.

Es importante reparar que para la corroboración de la posición “A”, se requiere el revisar la estatura parado. Para eso retomaremos el ejercicio de la figura 6.1, al comparar la FASE IMPULSO, FASE RECEPCIÓN CLAVA 1, FASE LANCE CLAVA 3 (BIS), y FASE RECEPCIÓN CLAVA 5, y revisaremos el vértice 1 (el vertex de nuestro modelo antropométrico).

La relación fase a fase de la altura del vértice 1, corresponde a la distancia de piso a vertex (Tabla. 6.3), durante toda la ejecución del lance activo. Y dado que conocemos el valor previo de la estatura parado, se puede decir que tan encorvado o recto está parado el cuerpo.

Aproximación entre los valores de la estatura FASE IMPULSO				
	Rogério	Morris	Christopher	Brian
Vertex	175.2cm	178.3cm	150.0cm	171.2cm
Aproximación entre los valores de altura de la estatura FASE RECEPCIÓN CLAVA 1				

Vertex	176.5cm	178.1cm	148.8cm	175.4cm
Aproximación entre los valores de altura de la estatura FASE LANCE CLAVA 3 (BIS)				
Vertex	177.4cm	179.1cm	149.2cm	175.4cm
Aproximación entre los valores de altura de la estatura FASE RECEPCIÓN CLAVA 5				
Vertex	177.6cm	176.5cm	149.6cm	173.4cm

Tabla 6.3. Variabilidad de la estatura reportada en el cajón “Z” de coordenadas espaciales, para cada fase del lance activo entre los cuatro malabaristas élite.

Aquí debemos apostillar que Morris efectuó la captura de su rutina con el casco de construcción —para portar el eyetracking —, eso subió el valor de su estatura alrededor de dos centímetros. Más allá de ese incremento, que es técnicamente justificable, el vértice 1 tiende a ser constante.

En otras palabras para los cuatro malabaristas élites los valores de la altura espacial reportados en el cajón “Z”, son muy próximos a la estatura real reportada en la cédula antropométrica. Y eso nos dice que durante la rutina tienden a mantenerse en una posición erguida.

Conviene especificar que esta demostración por alturas, se imposibilita cuando el desplazamiento de arcos en la articulación femorotibiorotuliana es muy variable. Eso apunta a que el cuerpo no mantiene una posición fija. Por otro lado, si se elige usar las alturas de las coordenadas para hombros y cadera bajo una reconstrucción por estereofotogrametría, conviene ajustar que esos vértices están comprometidos, porque su unión dentro del modelo tridimensional se contrasta con un valor real en cédula antropométrica que responde a diámetros (biacromial y biliocrestal), y la aproximación por el método de alturas típicamente privilegia las longitudes básicas: estatura parado y la altura de rodilla a piso.

Por último, el encontrar una reproducción técnica del parado corporal, puede vincularse a que el contexto del modelo de enseñanza-aprendizaje, en este caso el circo, transmite un conocimiento cinético corporal específico. En ese sentido y partiendo de la teoría de las inteligencias múltiples elaborada por Gardner en 1993, podríamos considerar que existe una predisposición cultural para la adquisición de ciertas inteligencias, por lo que un ambiente cultural como lo es el

circo, donde se favorece la expresión artística mediante el cuerpo, bajo múltiples modalidades impulsaría la inteligencia cinestésicocorporal. Misma que está integrada por saberes funcionales que se transmiten generacionalmente. Y eso incluiría aspectos técnicos sobre los malabares. Evidentemente es muy aventurado entrar en dichas profundidades culturales, pero lo cierto es que la posición en “A”, se comparte entre los cuatro malabaristas élités.

b) Observación: gesto motor del muñequero

La sustancial diferencia técnica en el lance y recepción de objetos, entre los cuatro malabaristas élités compete al gesto motor del muñequero. En el análisis de la velocidad angular entre fases de las articulaciones radiocarpianas (derecha e izquierda), se encuentra la respuesta del por qué un malabarista élite es más veloz que otro.

Es importante recordar que Christopher Atayde, inicia su rutina de lance activo con una propulsión desde su lateralidad izquierda, porque es zurdo. Mientras que los otros tres malabaristas élite al ser diestros, abren la propulsión de objetos con la muñeca derecha. Si bien la sucesión e incorporación de clavav es secuencialmente idéntica (modelo de catorce fases), la valoración de las velocidades angulares entre fases se analizan lateralmente invertidas para las articulaciones radiocarpianas de Christopher (sobre este punto es importante señalar que los gráficos integrados en el apartado 5 –resultados-, están agrupados bajo principios generales, y no funcionales, por lo que interpretarlos siempre requiere tomar a consideración este tipo de notas).

Así, iniciemos por valorar el estadio impulso en relación al lance clava 1 (Fases 1-2) en la muñeca (tabla 6.4); advertimos se debe contrastar el arco de tres articulaciones radiocarpianas derechas versus una articulación radiocarpiana izquierda, debido a que el fenómeno que estamos valorando (la propulsión de la

primera clava por el aire) ocurre por la lateralidad derecha en tres participantes y por la lateralidad izquierda en el cuarto malabarista élite (Christopher).

Comparativo entre FASE IMPULSO - FASE LANCE CLAVA 1 de la velocidad angular en la articulación radiocarpiana				
	Rogério	Morris	Christopher	Brian
	Muñeca derecha	Muñeca derecha	Muñeca izquierda	Muñeca derecha
Comportamiento del arco articular	Amplificación	Reducción	Amplificación	Amplificación
Valor angular del Desplazamiento	0.143 grados/ centisegundos	-9.383 grados/ centisegundos	1.815 grados/ centisegundos	0.571 grados/ centisegundos

Tabla. 6.4. La tabla muestra que Morris es el único malabarista élite que reduce el arco articular para lanzar la primera clava

El hecho de que Morris Rodríguez, sea el único malabarista élite que comienza el lance activo reduciendo el arco articular radiocarpiano, implica que su tracción proyectará una mayor fuerza sobre la propulsión de la primera clava. Expuesto en otros términos: su muñeca derecha se desplaza de abajo hacia arriba de manera vertiginosa a fin de enviar la primera clava con mayor fuerza. Eso implicará que el descenso de esa clava sea más apresurado. Situación que tendrá que sostener al hacer que sus futuros lances y recepciones mantengan ese ritmo. En ese sentido su rutina está profetizada para ser la más rápida, desde el inicio. Aspecto que se puede corroborar con el ranking de la duración del lance de los cuatro malabaristas élite (Tabla.6.5).

Duración del lance activo entre los cuatro malabaristas élite			
Morris	Brian	Christopher	Rogério
208	224	252	288
centisegundos	centisegundos	centisegundos	centisegundos

Tabla. 6.5. Organización jerárquica en centisegundos del lance activo.

Otro aspecto funcional sobre diferencias técnicas de lance, es identificar la conducta estática como algo negativo (en el argot: tiempos muertos). Sucede que el conocimiento predictivo de trayectorias que siguen los objetos por el aire, exige al cuerpo un control motriz muy sofisticado:

“las manos deben de estar integradas al circuito de lance de objetos de una manera activa. Nunca en espera pasiva” (Nota personal en bitácora de campo 2013) .

Esa referencia hace alusión al comportamiento de arco articular inmóvil, por ejemplo: en la modalidad cascada, ocurre que al propulsar una clava desde la muñeca derecha, esta puede mantener su arco fijo, expectante a que la muñeca izquierda reciba la caída de otra clava, para entonces reanudar su desplazamiento.

En cierta forma ese es un error entre los malabaristas amateurs, porque esa conducta invariablemente ata a un lance lento. Y no hay forma funcional de lanzar muchos objetos sin ser cada vez más rápido.

Por ende es curioso encontrarla en malabaristas élite. Sin embargo, los dos malabaristas élite con mayor duración de lance (los más lentos, en comparación) cometen esa falta. Cada uno lo hace una vez como se muestra en la tabla 6.6.

Identificación de conducta estática por velocidad angular en la articulación radiocarpiana		
	Rogério	Christopher
	Muñeca derecha	Muñeca derecha
Comportamiento del arco articular	Neutro	Neutro
Valor angular del Desplazamiento	0	0
Fases	5-6 (Lance clava 4 - Recepción clava 1)	7-8 (Lance clava 5 - Recepción clava 2)

Tabla. 6.6. Ocurrencia de arco articular inmóvil, durante el lance activo de dos malabaristas élite en dos fases diferentes pero asociadas al lance-recepción de lateralidad opuesta.

Claramente la tabla 6.6, expone que este suceso únicamente les ocurre en una ocasión durante todo el lance activo, lo cual también demuestra su alto umbral de especialización (los amateurs tienen “tiempos muertos” reiterados). Detallemos en un adicional técnico; dejar “tiempos muertos”, refleja la inoperancia cognitiva espacial, que es característica en el “dominio predictivo del lance”.

A manera de cierre podemos decir que gracias al cálculo de la velocidad angular, hemos ubicado dos detalles claves basados en principios funcionales del lance activo para el gesto motor del muñequo: no cometer conducta estática porque genera espacios muertos, que limitan desplazamientos de recepción o lance que podrían acelerar la rutina. Y que iniciar la rutina con una propulsión potente pronostica y compromete a una ejecución más acelerada.

Y con franqueza apunto que se debe de conocer con mucha precisión el fenómeno se esta valorando, porque hacer interpretaciones sobre la velocidad angular de los arcos articulares, no es cosa sencilla: un arco positivo, negativo o neutro, no necesariamente induce a un diagnostico biomecánico directo, esto es particularmente cierto en técnicas motrices altamente especializadas.

Como se puede apreciar elegí referencias funcionales sobre el lance activo, para blindar las interpretaciones del mismo. También encontré que principalmente en análisis deportivos, hay que considerar que la gestión siempre va a buscar la conducta esperada. En el caso de los atletas élite, los modelos de ejecución suelen ser ciertamente parecidos, y algunas diferencias sobre estilo pueden llegar incluso a ser circunstanciales. Por lo que se requiere mucha preparación para identificar estas diferencias.

c) Observación: Gesto motor visión estereoscópica

Este es sin duda uno de los gestos motores más interesantes dentro de cualquier trabajo que aborde el lance de objetos. Partimos de que para lograr lanzar e interceptar objetos, los humanos requerimos aprender cómo estos se trasladan por el aire. Así, inicialmente reconstruimos sus viajes a partir del seguimiento pupilar. Pero nuestro devenir evolutivo nos muestra que no únicamente seguimos el movimiento de un objeto, sino que nosotros predecimos su trayectoria a través de cómo es su desplazamiento.

En ese sentido, el estudio encuentra que el malabarista élite no efectúa movimientos oculares sacádicos durante la ejecución del lance activo. Por lo que

la mirada fija y situada en el punto de cruce de las clavav (cénit), resume el comportamiento ocular del malabarista élite.

Realizando una revisión, hallamos que los ejecutantes amateurs no efectúan está conducta ocular y tampoco los que poseen un nivel intermedio, eso lo sabemos, gracias a estudios comparativos entre malabaristas con distintos niveles de destreza o especialidad motriz, como *'The coupling between point-of-gaze and ballmovements in three- ball cascade juggling: the effects of expertise, pattern and tempo'*, de Huys y Beek en 2002, donde en su clasificación se reporta que malabaristas expertos (practicantes de modalidad cascada), únicamente efectúan pequeños recorridos horizontales sobre un foco visual fijo (cénit), contrastando con los malabaristas intermedios o iniciales, que realizan un recorrido amplio o de barrido. (Fig.6.1).

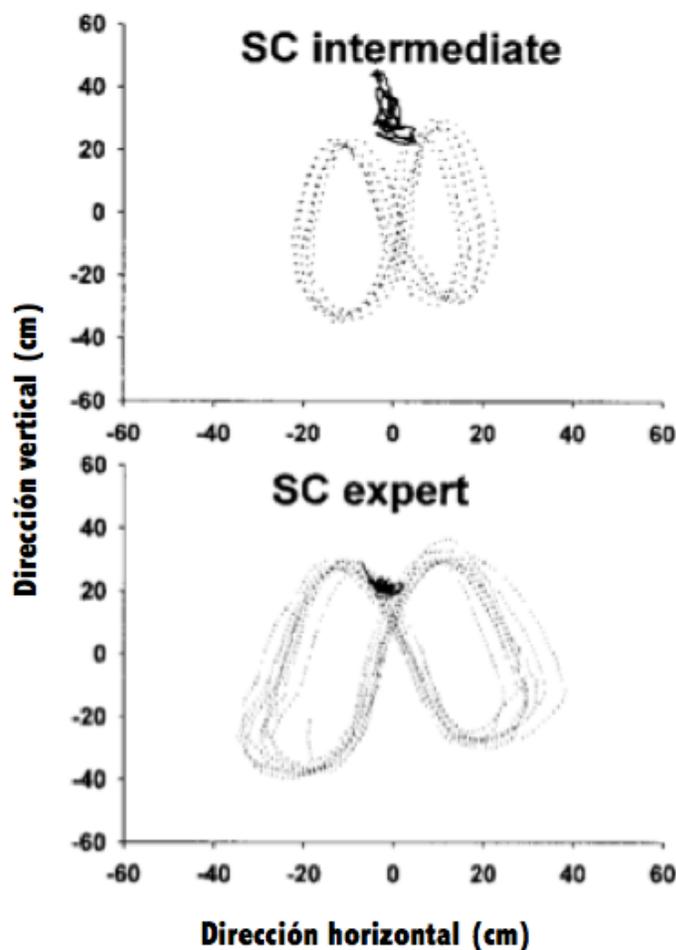


Fig. 6.1. Retomada y adaptada de Huys y Beek, 2002:177. Comparativo de mirada entre un malabarista intermedio y un malabarista experto, en el lance de tres pelotas.

*SC: Cascada estándar (modalidad de lance).

*Resultado obtenido bajo el uso de Eyetracking (Serie 4000 Eye Tracker, 50Hz, precisión espacial 6 °) captura efectuada en un laboratorio de ciencia aplicada.

Huys y Beek, suman referencias a estudios que han demostrado que existe diferencia en el comportamiento de la mirada entre practicantes expertos y practicantes no expertos, citan las investigaciones clásicas de bádmiton investigadas por Abernethy en 1990, y Abernethy con Russell en 1987. Que explican cómo es posible para los practicantes predecir la dirección y fuerza de un lance que asestará su oponente, a través del trayecto de la bola.

Pues bien para poder lograr analizar una construcción de trayectorias para los malabares, se necesita más que un aparato de rastreo ocular. El eyetracking casero permite identificar la actuación ocular a través de la pupila, pero ubicar el punto en el espacio que se mira es algo que demanda la incorporación de otra videocámara —*bajo idea de efectuar un cruzamiento por proyección de rectas entre ambas capturas* (como se intento en este estudio y que fracaso, debido a la baja calidad de la videocámara empleada)—, o evaluarlo en un laboratorio de ciencia aplicada al movimiento.

Sabemos que miran al cénit, porqué los malabaristas élite lo reportan en el cuestionario por componentes segmentados, pero demostrarlo requiere una valoración metodológica que este estudio no logró consumir.

Como sea, las capturas de la conducta ocular obtenidas con el Eyetracking casero para el caso de Morris, exhiben una acción que no se encuentra específicamente reportada en la literatura revisada: un constante incremento diametral en las pupilas.

Los estudios sobre la coordinación ojo-mano, asocian que el entrenamiento constante lleva a los sujetos a fijar la localización de su mirada (Fisk, y Goodale, 1985., Frens, y Erkelens, 1991), en ese sentido, no hay más que aportar. Si bien lo interesante es que el principio del aprendizaje *prueba-error* en el lance de objetos, opera en sus estadios iniciales con el seguimiento de los objetos que se lanzan, también es cierto que lograda la integración motriz de coordinación ojo-mano

“predictiva”, causalmente se migra al terreno de la mirada fija. Asociándose al fenómeno psicológico de la concentración.

Sin embargo interpretar o encontrar respuestas a acciones como la dilatación pupilar requiere ir a los estudios cognitivos. Característicamente a aquellos que integren métricos de resonancias magnéticas, para identificar los campos cerebrales que están activos al momento del lance activo en los malabaristas élite. Por ello, es que no es fácil responder *¿qué significa que exista un incremento constante en la dilatación pupilar del lance activo?*

De hacerlo vislumbro otro problema, las capturas al aire libre están íntimamente vinculadas a la luz que hay en el ambiente. Y eso directamente modifica el comportamiento de la pupila. En ese sentido sería necesario hacer un control detallado de factores de captura en un laboratorio de análisis de movimiento.

Por otro lado y regresando a los fuertes de nuestro estudio, aporto que hay una conjetura en relación al aprendizaje visual, que expone que algunos tipos de experiencias perceptivas tempranas, cuando son practicadas constantemente jalan el gatillo para formar cambios neuronales hasta la vida adulta (Karni, A., y Sagi, D. 1993). Asimilar el entrenamiento constante de la “mirada fija”, desde las primeras etapas del aprendizaje del lance de objetos en los malabaristas de circo, es algo que “probablemente” fomente una ventaja temporal a convertirse en ejecutantes élite.

Cerraríamos acotando que el análisis biomecánico de la técnica del lance activo tendría como síntesis:

Los cuatro malabaristas élite comparten el mismo parado, denominado posicionamiento en “A”. Miran hacia el cénit de su lanzamiento, ejerciendo lo que reconoceríamos como mirada fija, con un constante incremento diametral en las pupilas. Y la diferencia sustancial entre técnicas para poder decir cuál es más eficiente que otra se encuentra en el análisis del gesto motor del muñequero, siendo el que reporta porqué Morris es el más rápido de los cuatro malabaristas élite y el error sobre los “tiempos muertos”.

6.3. Sobre el protocolo de entrevistas

Conviene apuntar que la integración del cuestionario por componentes segmentados (A, B, C, D, E), derivó de una decisión didáctica para exponer los aspectos más relevantes logrados por la técnica etnográfica de “*historias de vida*”. Aquí se retomará ese modelo para explicar y integrar el discurso narrativo de los cuatro malabaristas élite. Exponiendo así los conceptos claves que hilvanaron todo el estudio.

a) *Componente “A”: Vinculación entre etapas de crecimiento y gestos motores.*

- Edad de inicio y partes corporales:

Los cuatro malabaristas élite que integran el estudio incursionaron en los malabares entre los seis y los once años. Las partes de su cuerpo que desde su perspectiva integran el lance y recepción de objetos, son manos y ojos.

De manera formal se construye que la coordinación entre mirada y estructura corporal (pueden ser manos, pies o boca) que proyecta e intercepta los objetos, es el principio básico para el aprendizaje de malabares.

- Identificar lapsos de estancamiento en la especialización técnica del lance de objetos:

No es una novedad leer que el aprendizaje de malabares es algo que casi cualquiera puede lograr con un poco de dedicación: en el estudio publicado por Bogdan Draganski y colegas, en la revista “nature” de enero 2004, bajo el título “*Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training*”, se efectuó un experimento comparativo con el uso de imágenes de resonancia magnética cerebral (MRI por sus siglas en inglés), donde se eligió a 24 voluntarios (21 mujeres y 3 hombres) para participar en una experiencia de malabares. El estudio muestra que con un entrenamiento de tres meses los participantes aprendieron a hacer malabares sostenidos durante sesenta segundos, en modalidad cascada

con tres pelotas. El enfoque central es demostrar hasta qué grado efectuar el entrenamiento con malabares induce a cambios en la materia gris.

La idea de citar ese estudio es demostrar lo sencillo que resulta el aprender malabares. Sin embargo para lograr incorporar más elementos en una rotación de objetos, se requiere mucha rapidez y una coordinación que demanda elevada tolerancia a la frustración y dedicación. Generalmente entre los primeros seis meses y el año y medio se encuentra la meseta del ejecutante promedio, donde se logra cazar con buena eficiencia los objetos que lanza, pero no predecir su trayectoria. Por lo general ese umbral abarca de uno a cuatro objetos (dependiendo si son pelotas, clavos, aros, etc.,).

En ese sentido los malabaristas de circo, conocen la importancia de predecir la trayectoria de los objetos que lanzan. Al dominar ese conocimiento son capaces de incrementar la velocidad del lance, y con ello sumar un mayor número de elementos en sus rotaciones. A esa habilidad la refieren como el *dominio predictivo del lance*, y a diferencia de los ejecutantes promedio que suelen desconocer el principio lógico en las rutas de lance, los malabaristas de circo lo dan por hecho. Muchos artistas de circo sin ser malabaristas lo conocen.

Los cuatro malabaristas élite aproximan que después del cuarto o quinto año de práctica constante, se llega a otra meseta. Ese período se identifica por el manejo de ocho a diez objetos en rotaciones rápidas, y por lograr lanzamientos a gran velocidad en pases clásicos: como la rotación de cinco objetos (clavos). A la que el presente estudio se adscribe.

- Cómo identificar las mejoras motrices implicadas en el lance activo:

El prolongar el tiempo de entrenamiento corrido sin la aparición de la fatiga mental, es un gran indicador para asumir que se ha dominado una pasada, truco o modalidad de lance con determinado número de objetos.

El incremento de velocidad en la propulsión de los objetos es otro indicador. Lograr mantener la relación de la altura que alcanzaran los objetos al trasladarse por el aire en relación a la cantidad de fuerza que precisa el muñequero, es otra de las mejoras motrices más sencillas de identificar por el ejecutante.

Generalmente estos episodios suceden alrededor del tercer año de entrenamiento. Y para Morris y Atayde, ocurrieron entre los once y doce años de edad. Para Dresdner y Piva esos eventos los identifican después de los quince años.

- Relación entre fuerza muscular y rendimiento:

Dentro de su universo profesional los malabaristas élite no asumen como necesario ejercitarse o tener grandes músculos para ser mejores malabaristas. Desde su formación inicial la gran vinculación que establecen con el rendimiento es de aspecto mental y se vincula con el cansancio.

- La importancia de la técnica para el rendimiento:

En un sentido deductivo al mejorar la técnica de lanzamiento se amplía el umbral de la fatiga, y con eso se experimenta un mayor rendimiento. Eso se interpreta como momentos clave para entrenar y consolidar una integración motriz cada día más especializada.

- Influencia de la mirada en el lance activo:

Un elemento reiterado en las construcciones narrativas de los cuatro malabaristas élites, era lo complicado de someter la mirada mediante la concentración. Sucede que por instinto nuestros ojos siguen el movimiento de los objetos. Así, al propulsar objetos por el aire con la finalidad de incorporarlos en un circuito de “recepción-lance” organizado, se acarrea inconscientemente a las pupilas para seguir el trayecto de los desplazamientos. Aspecto que de no controlarse confundirá al cerebro; *“porque la mano es más rápida que el ojo”*. Justo es en ese concepto donde enraíza el “dominio predictivo del lance”.

Las modalidades de lance (cascada, fuente, lluvia) integran una serie de secuencias inalterables del orden y dirección en el que —*para nuestro caso*— la

muñeca (articulación radio-cubital), debe proceder con el desprendimiento e incorporación jerárquica de los elementos de su rutina.

Para el caso de cinco objetos en la modalidad cascada, el primer objeto lanzado marcará el ritmo de todo el circuito. La altura que alcance y su posterior caída debe de dar el suficiente tiempo para que justo antes de ser capturado por la mano apuesta que lo lanzó, el ejecutante ya haya puesto sobre la trayectoria cruzada tres objetos más. Esa secuencia es inalterable por la misma naturaleza del lance.

Y de forma semejante ocurre con las otras modalidades de lance. En ese tenor, es que los malabaristas tienen que lograr medir la fuerza y dirección con la que proyectaran los objetos. Entonces, si analíticamente comprenden el traslado de los objetos, no requieren seguirlos con la mirada. De hecho, una vez adquirido el “dominio predictivo del lance”, son capaces de conocer la cantidad de giros que tienen que dar algunos objetos para llegar a cierta altura.

Así, el entrenar la mirada para que deje de perseguir los objetos en movimiento es de las tareas más delicadas para un malabarista élite. En los modelos de transmisión generacional de los oficios de circo, existen diversas anécdotas de cómo se reprende ese instinto visual, desde golpes en las palmas de las manos, hasta el posicionamiento estatua, que implica dejar la cabeza fija con la idea de que los ojos se tienen que acostumbrar a mirar al cénit.

b) Componente “B”: integra los elementales que se requieren para aprender a efectuar malabares: sincronización, rapidez y número de elementos en un lance.

- Sobre qué es lo más difícil de dominar:

Por un camino u otro, los malabaristas consienten que la parte medular para lograr ser un malabarista élite es el “*dominio predictivo del lance*”. En su gremio, este concepto es considerado el eje sobre el que la práctica profesional se encuentra cimentada. De acuerdo a lo anterior, una coordinación excepcional entre ojo y mano, sustenta el puente de lo empírico a lo lógico.

Expuesto de otra forma; la parte inicial en el aprendizaje del lance de objetos es vivencial, y se ajusta a un modelo de prueba y error. Pero una vez que se domina un patrón de lance o modalidad (fuente, cascada, lluvia) con un número reducido de objetos, es necesario migrar a la *formulación analítica o conocimiento lógico*. Al comprender la naturaleza inalterable de los patrones del desplazamiento aéreo de los objetos, se logra acrecentar la cantidad de objetos a lanzar, y con ello efectuar diferentes trucos. En ese sentido consumir el aprendizaje lógico es lo más difícil de dominar. Y si ese conocimiento se incorpora en edades tempranas, dentro de momentos sensibles del desarrollo cognitivo, es muy probable que ocurra una integración en la respuesta motriz del lance y recepción de objetos más especializada.

- La medición de un lanzamiento:

Hay que recapitular que el “dominio predictivo del lance”, se encuentra intrínsecamente relacionado con la capacidad de medir un lanzamiento. Ambos conceptos van de la mano, pero son distintos: se puede medir un lanzamiento sin ser malabarista, por ejemplo en este estudio el enfoque fue a los gestos motores, pero el mismo análisis por estereofotogrametría vinculado con otro tipo de cédulas, podría medir aspectos del lanzamiento, asociados a la masa de los objetos manipulados, material, condiciones climáticas, etc., y jamás tocar aspectos del dominio predictivo.

Los malabaristas no abordan con herramientas de captura la medición de un lance. Pero llegan a conocimientos tan certeros como si las implementaran. En su caso identifican el tipo de material y dimensiones con los que es más fácil efectuar sus lances. Compran su equipo en tiendas especializadas para malabares. Y es casi una regla que el malabarista profesional adquiera sus productos en tiendas profesionales. Aunque desconozcan aspectos de la fabricación de objetos, conocen que el mercado ha desarrollado una oferta de objetos con distintas funcionalidades: clavos para rapidez, clavos para números, clavos para formas, pelotas de rebote, pelotas rígidas, etc.

Expuesta esa relación, se puede asimilar que midan sus lances bajo principios elementales de física que si bien no pueden explicar, los conocen. El principio elemental con el que miden, se basa en observar que cantidad de fuerza requieren implementar en su muñequeo para lograr que un objeto llegue a determinada altura o rebote en determinado punto. Para eso estandarizan mediciones empíricas a través de la práctica reiterada de un mismo patrón motriz con determinados objetos, hasta llegar a dimensionar el transcurso de milisegundos. Una vez hecho eso, pueden decir distintas mediciones de lanzamiento como: altura, duración y trayecto.

- Sobre el tiempo que lleva mejorar los lances y integrar más objetos:

La media de sus apreciaciones se encuentra en los cinco años. Antes de ese tiempo convergen en que es difícil llegar a un nivel élite. Principalmente porque hay umbrales que son muy complicados de superar. La anécdota clásica del malabarista entusiasta relata que al año de practicar malabares se puede dominar lances con cuatro pelotas, pero para llegar a lanzar ocho pelotas, puede transcurrir más de cuatro años o una vida, y aún estar en siete o seis pelotas. En ese sentido saltar de cuatro a ocho pelotas, no es ni cercanamente similar al año de dedicación inicial.

Realmente dominar un acompasado de pasadas es sencillo, en semanas o meses se puede lograr hacer malabares. Pero pasar el umbral de élite requiere años de dedicación. El mayor problema es conseguir una cadencia o velocidad estable a la par de manejar el dominio predictivo del lance. Y eso lleva mucho tiempo, horas y horas de prácticas.

También reconocen que hay objetos que son más fáciles de manipular, y otros que realmente nunca llegan a integrar a una rutina profesional. Como el caso de aquél que es muy bueno lanzando aros, pero es una papa con los sombreros.

Al final consideran que educar al cuerpo a responder de manera automática, también tiene una carga de *mística personal*. En ese sentido aceptan que pueden existir prodigios dentro de la historia de los malabares, pero coinciden en que la

mayoría requiere una dedicación de años. Y en sus apreciaciones, reportan que sus “verdaderas” mejoras técnicas del lance de objetos, iniciaron a partir del tercer año de práctica. Además comparten que comenzaron con el esquema básico: primero pelotas, luego clavas y en tercer sitio los aros. Posteriormente han diversificado a sombreros, espadas, papel, entre otros objetos con la finalidad de mejorar su contenido de entretenimiento para los circos y empresas que los contratan.

- Escalar en orden de dificultad: lance, rapidez y número de elementos:

Los cuatro malabaristas élite consideran que lo más fácil es aprender a lanzar. Todos aprenden bajo prueba y error, y siempre dentro de alguna modalidad de lance. Eso hace que por unanimidad eso sea primero. Sobre la rapidez y número de elementos reemprenden la idea de que van a la par; porque requieres ser rápido para poder incorporar un mayor número de elementos, y en ese sentido dominar eso demanda más tiempo, y por ende es más difícil.

- Descripción de entrenamientos por rutina:

Un entrenamiento promedio dura una hora y media de corrido. Al día pueden llegar a entrenar dos o tres veces, pero generalmente procuran que no se exceda el tiempo promedio de una sesión de entrenamiento. No tanto por el aspecto de cansancio físico, sino por su desgaste mental. Resulta que puede ser muy frustrante llegar al umbral de la imposibilidad motriz de la recepción de objetos. En ese sentido es fácil lanzar objetos, lo complicado es cacharlos, y entre más objetos viajen por el aire, más rápidas tendrán que ser las propulsiones, por ende las recepciones se volverán cada vez más comprometidas.

Generalmente no hacen algún calentamiento articular previo, y pasan de lleno a lanzar objetos. A veces si efectúan un estiramiento previo, pero como “jugando” con los mismos instrumentos que ocuparan en su rutina; se rascan la espalda con las clavas, o tocan la punta de sus pies con aros, pero ninguno de estos movimientos son entendidos como un calentamiento premeditado.

- Sobre la técnica:

Lo primero que hacen es adoptar lo que denominan el parado convencional o posición en “A”. Es curioso porque la reproducción de éste, guarda dos justificaciones interesantes; la primera es que es un parado estético, de acuerdo a que se mira y juzga bien sobre la pista. La segunda es que es el más cómodo para recibir los objetos que lanzas.

“Resulta que el tener las rodillas un poco flexionadas y la postura recta, permite un balanceo rápido y estable para desplazar cualquiera de los dos brazos, eso facilita el rescate de una propulsión comprometida: si por error se lanza una clava con mayor fuerza u orientación opuesta a la rotación constante de la modalidad, ese elemento no tomará un trayecto predicho, y se deberá balancear el cuerpo en la dirección que posibilite capturar dicho elemento. Hay que acotar que únicamente dos de los malabaristas se conocían previo al estudio, pero los cuatro razonaron esos principios como si se hubiesen puesto de acuerdo. Después reitere que sin importar edad o especialidad de lance, los malabaristas élite se paran igual. Y la coincidencia es que los cuatro justifiquen con argumentos empíricos similares las causas de dicho parado”. (Nota personal en bitácora de campo 2013).

- Sobre la sensación y niveles de fatiga:

En su argot la fatiga se entiende como desgaste mental. Si bien muscularmente el efectuar malabares puede requerir cierta inversión energética, no es un ejercicio extenuante. En contraparte la condición mental que exige mediante la concentración es vital y agotadora.

Saben que es momento de parar cuando empiezan a fallar repetidamente en la recepción de sus lances, y este fallo no cambia al regresar a un nivel inferior de demanda. Por ejemplo si están embotellados con fallos en una rutina de ocho pelotas, bajan a cuatro pelotas (lances que dominan con soltura), y si los fallos

continúan, es señal de que están bloqueados. Esa sensación se describe como “frustración”, y es un elemento muy común en el aprendizaje de malabares.

El tiempo que tardan en llegar a ese punto, también es variable, por eso procuran no entrenar más de una hora y media corrida. Evidentemente hay días que son mejores que otros, por lo que es complicado tener una ocurrencia con valores temporales fijos.

Este apartado cierra con el tiempo que lleva llegar a tener un nivel élite, que bajo su experiencia es más de cinco años. Por otro lado aprecian que las crestas de su habilidades motoras, pueden crecer un poco más, durante su especialización profesional, pero esas mejoras sustanciales les tomarán años. Señalan el principio de proporción; donde al inicio los malabares se pueden aprender en poco tiempo y con gran facilidad, pero incrementar sustancialmente en la complejidad de lances es algo sumamente gradual, tanto que es frustrante para un practicante promedio.

c) Componente “C”: aspectos de entrenamiento-aprendizaje y el contexto familiar.

- Sobre cómo se dio su adquisición:

Todos aceptan que el aprendizaje de los malabares fue gradual. En ese sentido los cuatro malabaristas élite comparten que fue gracias a que les fascinó esa actividad desde pequeños que simplemente no se hartaron. Porqué de acuerdo a su apreciación el modelo de enseñanza clave es: prueba y error.

Para Atayde, Morris, y Dresdener los modelos de enseñanza fueron transmitidos por sus familiares de circo tradicional. Desde pequeños recibieron su legado en forma de clases directas sobre la manera de posicionar el cuerpo, técnicas sobre conteo mental de giros, rutas sencillas para incorporar más elementos y trucos. Para el caso de Piva, tendríamos a un autodidacta clásico de “prueba y error”, sin una transmisión directa, basado en la llana emulación visual, pero con una gran habilidad cinestésico corporal que desde pequeño lo llevo a incursionar en el lance de objetos y convertirse en un profesional dentro de la industria circense.

- Sobre los instrumentos de su aprendizaje:

Tenemos que generalmente aprenden primero con pelotas, que suelen ser de tela. Para posteriormente migrar a otros aparatos como las clavas o los aros, que exigen otro tipo de especializaciones: formas de empuñar y la aprehensión digital diferencial (formas de curvar los dedos para modificar el agarre).

- Sobre el tipo de ejercicio muscular preventivo:

Los cuatro malabaristas élite únicamente reconocen que para evitar la fatiga muscular mantienen una carga de entrenamientos constante. Emulando las rutinas de complejidad media. No es un tema el cual les resulte familiar.

- Sobre la técnica correcta para efectuar los malabares:

Todos comparten que debes de mantener la mirada fija y no seguir los objetos que lanzas. El entrenamiento para ubicar el cénit, que es el punto medio más alto en el cruce de los objetos lanzados, es vital, porque este permite hacer la aproximación del tiempo que demoran en viajar los objetos en el circuito que impone la propulsión del muñequero. Y eso es en cierta forma lo que permite regular la fuerza de lance.

Están ciertos que elegir una postura corporal en forma de “A”, facilita el desplazamiento dentro de la rutina. Agregan que flexionar las rodillas a la par de mantener la postura erguida, posibilita que el lance se vea elegante y que se puedan deslizar con mayor rapidez para cachar una recepción comprometida.

Dominar el muñequero requiere de una coordinación ojo-mano, muy específica. Exponen que la medición de su fuerza para la propulsión de los objetos, requiere conocer el “ritmo de tus pasadas” (en otras palabras saber que tanto tienes que ampliar o reducir tu arco articular).

- Acerca de qué es lo que hace a un buen malabarista:

Los cuatro sencillamente coinciden en la dedicación, y hacen énfasis en una alta tolerancia a la frustración. Y sentencian que solo se es profesional cuando se pasa el umbral de rotaciones prolongadas con cinco o más elementos. Morris considera

que además se debe de ejecutar una modalidad de lance de manera exponencial. Al menos así estandariza a su competencia.

d) Componente “D”: agrupa la temática de lesiones y práctica.

Sobre los elementos con los que actualmente hacen malabares, los cuatro malabaristas élite dominan rutinas con clavos, pelotas y aros. Todos practican más de tres horas diarias. Y suman a esto las sesiones/rutinas que por contrato están obligados a realizar diariamente en las funciones de los circos o empresas de entretenimiento que los emplean.

Existen dos tipos de lesiones recurrentes: la fractura de dedos, que es más común al practicar/jugar con aros. Y malestares en hombros, causado principalmente por repetición y recepciones comprometidas (en el argot ese fenómeno refiere al rescate efectuado con mucho esfuerzo de aquél elemento previamente lanzado y que está muy próximo a caer al suelo).

Por último, ninguno de los malabaristas élite, reconocen un tipo de dieta o ingesta de alimentos que mejore su ejecución. Pero todos comparten la idea de que es mejor no comer nada muy pesado antes de hacer una rutina muy extenuante y más previo a una función muy larga.

e) Componente “E”: refiere a la existencia de un conocimiento sobre las dimensiones, o proporciones antropométricas ideales en un malabarista élite.

Únicamente se reportaron respuestas negativas de los cuatro participantes. En ninguna circunstancia ellos encuentran una vinculación con algún tipo cuerpo para efectuar malabares.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, S. 1982. Body weight, exercise and menstrual status among ballet dancers in training. *An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 89 (7): 507–510.
2. Abernethy, B. 1990. Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, (19): 63-77.
3. Abernethy, B., y Russell, D. 1987. The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human Movement Science*, (6): 283-319.
4. Arrom, J. 1952. Raíces indígenas del teatro Americano. En: *Selected Papers of the XXIX International Congress of Americanist*. Edit. Soltax, University of Chicago Press.
5. Badenhorst, C., Steyn, N., Jooste, P., Nel, J., Kruger, M., Oelofse, A., y Barnard, C. 1993. Nutritional status of Pedi schoolchildren aged 6-14 years in two rural areas of Lebowa: a comprehensive nutritional survey of dietary intake, anthropometric, biochemical, haematological and clinical measurements. *South African Journal of Clinical Nutrition*, (5): 112-119.
6. Bahill, A., Baldwin, D., y Ramberg, J. 2009. Effects of Altitude and Atmospheric conditions on the Flight of a Baseball, *International Journal of Sports Science and Engineering*, 3 (2): 109-128.
7. Bahill, A., Ciuffreda, K., Kenyon, R., y Stark, L. 1977. Dynamic and static violations of Hering's Law of equal innervations. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, (53): 786-796.
8. Baker, J., Côté, J., y Abernethy, B. 2003. Sport-Specific Practice and the Development of Expert Decision-Making in Team Ball Sports. *Journal of the Association for Applied Sport Psychology*, Edit. Francis & Taylor, (15):12-25.
9. Barker, D., Bagby, S., y Hanson, M. 2006. Mechanisms of Disease: in utero programming in the pathogenesis of hypertension. *Nature Clinical Practice Nephrology*. 2(12): 700-707.
10. Barros, R. 2010. Biomecânica da natação: considerações sobre seleção de modelos. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 9 (1): 60-63.
11. Bass, S., Bradney, M., Pearce, G., Hendrich, E., Inge, K., Stuckey, S., Lo, S., y Seeman, E. 2000. Short stature and delayed puberty in gymnasts: influence of selection bias on leg length and the duration of training on trunk length. *The Journal of Pediatrics* (136): 149–55.
12. Bass, S., Caine, D., y Daly, R. 2003. Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Quite possibly. *Pediatric Exercise Science* (15): 360-372.
13. Baxter-Jones A., y Maffulli N. 2002. Intensive training in elite young female athletes. *British Journal of Sports Medicine*, (36): 13–15.
14. Beek, P., y Lewbel A. 1995. The Science of Juggling. Studying the ability to toss and catch balls and rings provides insight into human coordination, robotics and mathematics. *Scientific American*, 273 (5): 92-97.
15. Berardi, N., Pizzorusso, T., Maffei, L. 2000. Critical periods during sensory development. En: *Current Opinion in Neurobiology*. (10): 138–145.

7. BIBLIOGRAFÍA

16. Bergamin O., Schoetzau A., Sugimoto K., y Zulauf M. 1998. The influence of iris color on the pupillary light reflex. *Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. Suecia. Graefes, 236(8): 567-70.
17. Benjamin, H., Glow, K. 2003. Strength Training for Children and Adolescents. What Can Physicians Recommend?. *The Physician and Sportsmedicine*, 31(9): 19-26.
18. Bensomn, J, y Williams, J. 2008. Age determination in refugee children. *Australian Family Physician*, (37): 821.824.
19. Betancourt, H. 2009. El cuerpo humano del bailarín de ballet. Un análisis clasificatorio del danzante contemporáneo cubano. Tesis doctoral. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
20. Bloom, B. 1964. Stability and change in human characteristics. USA. Edit. John Wiley & Sons, New York.
21. Bogin, B. 1972. Patterns of human growth. Primera edición, Reino Unido, Cambridge University Press.
22. Bogin, B. 1999. Patterns of human growth. Segunda edición, Reino Unido, Cambridge University Press.
23. Bogin, B. 1997. Evolutionary hypotheses for human childhood. USA, En: *Year Book of Physical Anthropology*, 40:63-90.
24. Bogin, B. 2001. *The Growth of Humanity*. Primera edición, New York: Wiley-Liss.
25. Bricker, N., Morrin, P., Kime, S. 1960. The pathologic physiology of chronic bright's disease. *American Journal of Medicine*, 28 (1): 77-98.
26. Bronson, G. 1962. Critical periods in human development. *British Journal of Medical Psychology*. (35): 127-133.
27. Bruer JT. 2001. A critical and sensitive period primer. En: Bailer D Jr, Bruer JT, Symons FJ, Lichtman JW, editors. *Critical thinking about critical periods*. Baltimore, MD: Paul H. Brookes, 3–26.
28. Cameron, N., Jones L. 2010. History, methods and general applications of anthropometry in human biology. En: *Human Evolutionary Biology*. Edit, Muehlenbein, M. Cambridge, University Press.
29. Cano., R., Molero, A., Carratala, M., Alguacil, I., Molina F., Miangolarra, J., y Torricelli, D. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. 2012. *Neurología*, 30(1): 32-41.
30. Carrasco, D., y Carrasco D. 2001. *Biomecánica de la actividad física y el deporte*. I.N.E.F. Edit. Universidad Politécnica de Madrid.
31. Carthy, J. 1969. *La conducta de los animales*. Madrid: Salvat. Biblioteca Básica Salvat. Vol. 13
32. Caspersen, C., Powell K., y Christenson G. 1985. Physical activity, exercise and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports, USA*, 100 (2): 126-130.
33. Cappozo, A., Croce, U., Leardini, A., Chiari, L. 2005. Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 1: theoretical background. *Gait and Posture, Italia*. (21): 186–196.

7. BIBLIOGRAFÍA

34. Ceccarelli, A., Rocca. M., Pagani, E., Falini, A., Comi, G., y Filippi, M. 2009. Cognitive learning is associated with gray matter changes in healthy human individuals: a tensor-based morphometry study. *Neuroimage*, 48 (3): 585-589.
35. Cela, C. 2002. La filogénesis de los homínidos. *Diálogo filosófico*, (53): 228-258
36. Chase, W. y Simon, H. 1973. Perception in chess. *Cognitive Psychology*, (4): 55-81.
37. Cratty, B. 1970. *Perceptual and motor Development in infants and children*. Edit. The Macmillan Company, USA, New York.
38. Cretu, M., Fosalau, F. 1999. Application in displacement Measurement. *International Conf. on Electromechanical Systems*. Edit. SIELMEL, (3): 105-116.
39. Cohen, S. 1987. The Legend of the Skillful Little Jugglers of Tonga. *The Seattle Times*, USA, 14/01/1987.14-18.
40. Culhane, J. 1990. *The American Circus*. Edit: Henry Holt and Company. USA, New York.
41. Dafonseca, V. 1998. *Manual de observación psicomotriz*. Edit. Barcelona, España.
42. Damon, A. 1955. Physique and success in military flying. *American Journal of Physical Anthropology*, (13): 217-252.
43. Damon, A., y Mcfarland, R. 1955. The physique of bus and truck drivers: With a review of occupational anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*. 4 (12): 711-742.
44. Damon, A., Stoudt, H., y Mcfarland, R. 1966. *The human body in equipment design*. Edit. Cambridge MA: Harvard University Press.
45. Dareste, C. 1891. *Recherches sur la production artificielle des monstruosites ou essais de teratogenie experimental*. Edit. Eycleshymer, Paris.
46. De Bry. *Grabadores Francfort del Meno*. 1601. *Escenas de América*. Editor: Mario de Torre con textos de Miguel Ángel Fernández. Edición privada de cartón y papel de México, S.A. de C.V.1981.
47. Draganski B, Gaser C, Busch V, Schuierer G, Bogdahn U, May A. Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*. 2004. (427):311-312.
48. Eggebrecht, A., y Boessneck, J. 1991. *El antiguo Egipto. 3000 años de historia y cultura del imperio faraónico*. Barcelona. Edit: Plaza & Jenés.
49. Ericsson, K. Anders; Krampe, Ralf T.; Tesch-Römer, Clemens. 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3): 363-406.
50. Espinosa, S. A. 2001. *Estudio de la marcha en adolescentes. Análisis cinemático tridimensional*. Tesis para obtener grado de Doctora por la UNAM, México, DF.
51. Espinosa, S. A. 2008. A kinematic study of the curve section in the athletics women 400m. *Joint International Pre-Olympic Conference on Sports Science and Sport Engineering Volume II*, En: *Bio-Mechanics and Sport*

7. BIBLIOGRAFÍA

- Engineering, World Academic Union, Edited by Y. Jiang, Y.L. Hong, J.H. Sun. Nanjing, China.
52. Espinoza, A., Rosas, M., Sandoval, B y Venegas, B. 1988. Bonampak. Edición especial para Citibank, 1era.Ed. México, DF.
 53. Faulhaber, J. 1989. Crecimiento, somatometría de la adolescencia. Edit. IIA-UNAM.
 54. FC (Football Canada). 2009. Football for life. Long Term Athlete Development Strategy. Eds. Swimming Canada. Ottawa, Canada.
 55. Filippi, M., Ceccarelli, A., Pagani, E., Gatti, R., Rossi, A., Stefanelli, L., Falini, A., Comi, G., y Rocca, M. 2010. Motor learning in healthy humans is associated to gray matter changes: a tensor-based morphometry study. PLoS One; 5(4):e10198.
 56. Fisk J., y Goodale M. 1985. The organization of eye and limb movements during unrestricted reaching to targets in contralateral and ipsilateral visual space. *Experimental Brain Research* (60): 159-178.
 57. Frens, M., y Erkelens, J. 1991. Coordination of hand movements and saccades: Evidence for a common and a separate pathway. *Experimental Brain Research* (85):682–690.
 58. Fulton, J.1947. The 90th Birthday of Sir Charles Sherrington: Sherrington's impact on neurophysiology. *British Medical Journal*, Londres, 2 (4533): 807-810.
 59. Gagey P. 1987. L'oculomotricité comme endocapteur du système postural. *Agressologie*. (8): 899-903.
 60. Galindo, L. 1998. Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación. Edit. Pearson Educación.
 61. Gallahue, D. 1982. Understanding motor development in children. Edit. John Wiley & Sons, Inc. USA.
 62. Gardner, H. 2001. Estructuras de la mente, La teoría de las inteligencias múltiples. Fondo de cultura económica LTDA. Carrera 16 No. 80-18, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.
 63. GCG, Gymnastics Canada. 2008. Gymnastics' Long-Term Athlete Development. *Gymnastics the ultimate human movement experience*.
 64. Geertz, C. 1973. The Interpretation of Cultures. Edit. New York: Basic Books, USA.
 65. Gessell, A. 1928. Infancy and human Growth. Edit. New York: Macmillan, USA.
 66. Gessell, A., y Thompson, H.1929. Learning and growth in identical twins: An experimental study by the method of co-twin control. *Genetic Psychology monographs*. USA, (6): 1-123.
 67. Gimel'farb, G., Marchenko, V., y Rybak, V. 1972. An algorithm for automatic identification of identical sections on stereopair photographs. *Cybernetics*, vol. 8 (2): 311-322.
 68. Gonzalez, H., Hull, M. 1989. Multi variable optimization of cycling biomechanics. *Journal of Biomechanics* 22 (11): 1151-1161.
 69. Goon, D., Toriola, A., Shaw, B., Amusa, L., Monyeki, M., Akinyemi, O., Alabi, O. 2011. Anthropometrically determined nutritional status of urban

7. BIBLIOGRAFÍA

- primary schoolchildren in Makurdi, Nigeria. *BMC Public Health*, (11): 769-777.
70. Guillaumin, G. 1993. Física, realismo y antirrelativismo. En: *Revista de filosofía y cultura, AURIGA. UAQ.* (8): 3-9.
 71. Gutiérrez, M. 1998. *Biomecánica deportiva. Bases para el análisis.* Edit. Madrid: Síntesis. España.
 72. Haywood, K., Getchell, N. 2005. *Life span motor development. USA, 4th Edition.* Champaign, IL: Human Kinetics.
 73. Hermans, D., Vansteenwegen, D., y Eelen, P. 1999. Eye movement registration as a continuous index of attention deployment: data from a group of spider anxious students. *Cognition & Emotion*, 13 (4): 419-434.
 74. Hernandez, A., y Li P. 2007. Age of Acquisition: Its Neural and Computational Mechanisms. *Psychological Bulletin. USA.*
 75. Hernández, G. 1987. *Temas de patomecánica y biomecánica.* Edit. Inmerso. España, Madrid.
 76. Hill, W. 1980. *Teorías contemporáneas del aprendizaje.* Edit: Paidós, Bibliotecas psicológicas del Siglo XX, México.
 77. Hirashima, M., Yamane, K., Nakamura, Y., y Ohtsuki, T. 2008. Kinetic chain of overarm throwing in terms of joint rotations revealed by induced acceleration analysis. *Journal of Biomechanics*, 41: 2874-2883.
 78. Hoffman, S. J. 2008. *Introduction to Kinesiology: Studying Physical Activity.* 3rd Edition. Human Kinetics. USA.
 79. Huys, R., Beek, P. 2002. The coupling between point-of-gaze and ball movements in three- ball cascade juggling: the effects of expertise, pattern and tempo. *Journal of Sports Sciences*, 20: (3), 171-186.
 80. Hylander, W. 1975. The human mandible: lever or link?. *American Journal of Physical Anthropology*, 43: 227-242.
 81. Inzua, V. 1997. El circo en cultura. México, DF. En: *Seminario permanente de antropología urbana. Un modelo multidisciplinario en el estudio del fenómeno suburbano. Caleidoscopio cultural: Imágenes facéticas de la cotidianeidad.* Coordinadoras: García B, Argueta A. Edit. IIA, UNAM.
 82. Isaacowitz, D. M. 2005. The gaze of the optimist. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31 (3): 407-415.
 83. Izquierdo, M. 2008. *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte.* Edit. Médica Panamericana. Buenos Aires; Madrid.
 84. Jafarzadehpour, E., Aazami, N., & Bolouri, B. 2007. Comparison of saccadic eye movements and facility of ocular accommodation in female volleyball players and non-players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(2): 186-190.
 85. Jaffrey, M. 2008. *Estimating centre of mass trajectory and subject-specific body segment parameters using optimisation approaches.* Thesis doctoral of School of Human Movement, Recreation and Performance. Faculty of Arts, Education and Human Development. Victoria University. Australia.
 86. Jampolsky, A. 1978. Unequal visual inputs and strabismus management: A comparison of human and animal strabismus. En: *Symposium on strabismus. Transactions of the New Orleans Academy of Ophthalmology.* Chap. 26, pp. 358-492.

7. BIBLIOGRAFÍA

87. Jawed, K., Morris, J., Khan, T., Gimel'farb, G., 1999. Real Time Rectification for Stereo Correspondence. International Conference on Computational Science and Engineering.
88. Jauregui, L. 2001. Apuntes en Ingeniería del curso: Esterofotogrametría. Universidad de los Andes, Venezuela. Cap. 1. Introducción a la fotogrametría. Consulta en línea:
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones>
89. Jiménez, F. 1966. Juegos y deportes del México antiguo lanzamiento de panoplas de piedra. México DF. Boletín Bibliográfico de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Año XII. No. 350.
90. Johansen-Berg H., Scholz J., Klein M., Behrens T. 2009. Training induces changes in white-matter architecture. *Nature Neuroscience*, UK. 12: 1367-1368.
91. Kamm K, Thelen, J. 1991. A dynamical systems approach to motor development. *Journal of Physical Therapy*, 70(12):763-775.
92. Karni, A., y Sagi, D. 1993. The time course of learning a visual skill. *Nature* 365(6443):250-252.
93. Kellough, J., Beevers, C., Ellis, A., y Wells, T. 2008. Time course of selective attention in clinically depressed young adults: An eye-tracking study. *Behaviour Research and Therapy*, 46: 1238–1243.
94. King, L. 2010. *Experience Psychology*. Edit. McGraw-Hill Humanities, USA.
95. King, L. 2010. *The Science of Psychology: An Appreciative View*. 3^{ra} edición McGraw-Hill Higher Education.
96. King WM, Zhou W. 2000. New ideas about binocular coordination of eye movements: is there a chameleon in the primate family tree?. *The anatomical record*. 261(4): 153-161.
97. Knudsen E. 2004. Sensitive Periods in the Development of the Brain and Behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 16 (8): 1412–1425.
98. Knudson, D., Morrison, C. 2002. *Qualitative analysis of human movement*. Champaign, IL. Human Kinetics.
99. Kuper, A. 2001. *Cultura. La versión de los antropólogos*. Edit. Paidós, Barcelona.
100. Larry, S. 2013. *Fundamental Neuroscience*. Edit. Academic Press. USA.
101. Lázaro, L. 2000. *El equilibrio humano, un fenómeno complejo*. Edit. Losada. Argentina, Buenos Aires.
102. Lenoir, M., Crevits, L., Goethals M., Wildenbeest., Musch, E. 2000. Are better eye movements an advantage in ball games? A study of prosaccadic and antisaccadic eye movements. *Percept Mot Skills* 91:546-52.
103. Levine, S., Lewis, G. Critical periods and the effects of infantile experience on the maturation of the stress response. *Science*. 129: 42-43.
104. Lewbel, A. 1995. Research in Juggling History, en: *Papers of the International Jugglers' Association*. USA. (Disponible en consulta digital).
105. Llagostera, E. 2003. La estereofotogrametría, aplicada en la arquitectura de monumentos orientales. *Asociación Española de Orientalistas*, XXXIX, España. 129-145.

7. BIBLIOGRAFÍA

106. Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J.C., Anton, J.L., Roth, M., Nazarian, B., Velay J.L. 2008. Learning through Hand- or Typewriting Influences Visual Recognition of New Graphic Shapes: Behavioral and Functional Imaging Evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 20 (5): 802-815.
107. Lovejoy, C., Burstein A., Heiple, K. 1976. The biomechanical analysis of bone strength: a method and its application to platycnemia. *American Journal of Physical Anthropology*. 44: 489-506.
108. MacLeod, C., Mathews, A., & Tata, P. 1986. Attentional bias in emotional disorders. *Journal of Abnormal Psychology*. 95:15-20.
109. Magnusson, B., Tiemann, B. 1989. The physics of juggling. *Physics Teacher* (27): 584-589.
110. Mahaut, A. 1978. La valeur informative des mesures anthropométriques en pédiatrie. Edit. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris. Serie XIII. (5): 157-177.*
111. Malina R.M., Bouchard C., y Bar-Or O. 2003. Growth, Maturation and Physical Activity. Edit. *Human Kinetics*. Champaign, Illinois, 2^{da} edición, USA.
112. Malinowski, B. 1948. *Magic, Science and Religion and Other Essays*. Edit: Glencoe, Illinois: The Free Press. USA.
113. Manning, J. 1995. Fluctuating asymmetry and body weight in men and women: implications for sexual selection. *Ethology and Sociobiology*. (16): 145-153.
114. Marc, J., y Montpetit, R. 1986. *Applied Physiology of Swimming*. *Sports Medicine*. 3(3): 165-189.
115. Marmaras, N., y Zarboutis, N. 1997. Ergonomic redesign of the electric guitar. *Applied Ergonomics*. 28(1): 59-68.
116. McFarland, R., Damon, A., y Stoudt, H. 1955. The application of human body size data to vehicular design. Special publication. No. 142. Society of Automotive Engineers, New York, N.Y.
117. McGinnis, P. 2013. *Biomechanics of Sport and Exercise Human Kinetics*. 3Ed. Champaign, Illinois.
118. McGraw M.B. 1943. *The neuromuscular maturation of the human infant*- Edit. NY, Columbia University, USA.
119. Mellits, E., y Cheek, D. 1970. The assessment of body water and fatness from infancy to adulthood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*. 35 (7): 12-26.
120. Mierzecki, H. 1941. Las formas y líneas de la mano humana. *Actas CIBA No.6*. México, DF.
121. Mithen S. 1996. *The Prehistory of the Mind: The Cognitive Origins of Art, Religion and Science*. Edit. Thames and Hudson, USA.
122. Milburn, P. 1982. Summation of segmental velocities in the golf swing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14: 60-64.
123. Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multael, M., Lefevre, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. 2009. Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of Sports Sciences*. 1; 27(3): 257-266.

7. BIBLIOGRAFÍA

124. Morgan, L. 1871. Systems of Consanguinity and Affinity of the Human Family. USA, Washington DC. Smithsonian Contributions to Knowledge.
125. Moore K., Dalley, A. 2003. Anatomía con Orientación Clínica. Edit. Médica Panamericana. México D.F.
126. Neira, M., y Nunes, M. 2006. Pedagogia da cultura corporal: crítica e alternativas. São Paulo, Edit. Phorte.
127. Oliveros F. 2002. Educación y manipulación.. Edit. MiNos. 5^{ta} edición, México, DF.
128. Özener, B., Fink, B., 2010. Facial symmetry in young girls and boys from a slum and a control area of Ankara. Turkey Evolution and Human Behavior 31: 436–441.
129. Peña, M. 1980. Crecimiento y respuesta morfofuncional al ejercicio en niños escolares. Tesis de licenciatura en Antropología Física de la ENAH. México, DF.
130. Piras A, Lobietti R, Squatrito S. 2010. A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: comparison between athletes and non-athletes. Journal of sports medicine and physical fitness. 50(1):99-108.
131. Polster, B. 2003. The Mathematics of Juggling. Edit. Springer Verlag. New York, USA.
132. Potop, V., y Cretu, M. 2010. Dynamics of technical elements teaching within a training mezzoymnastics. Journal of Physical Education and Sport, 10(2): 54 – 60.
133. Ramos, R. 2011 Crecimiento físico y complejidad, En: La complejidad de la antropología física, Tomo I. Edit. INAH, primera edición, coordinadores Barragán, A y González L. México DF. 303-329.
134. Rao, V., Yadav, R., Dolla, C., Kumar, S., Bhondeley, M., y Ukey, M. 2005. Undernutrition and childhood morbidities among tribal preschool children. Indian Journal of Medical Research. 122: 43-47.
135. Revolledo, J. 2006. El circo en la cultura Mexicana. Revista Voces y trazos de Morelos. México, DF. No.04
136. Revolledo, J. 2004. La fabulosa historia del circo en México. Edit: CONACULTA. México, DF.
137. Richardson, A. 1986. The biomechanics of swimming: the shoulder and knee. Clinics in Sports Medicine. 5 (1): 103-13.
138. Rilling, J., y Insel, T. 1999. The primate neocortex in comparative perspective using magnetic resonance imaging. Journal of Human Evolution, 37 (2): 191-223.
139. Roche, A., y Davila, G . 1974. Differences between recumbent length and stature within individuals. Growth, 38: 313–320.
140. Rodrigues, S., Vickers, J., Williams, M. 2002. Head, eye and arm coordination in table tennis. Journal of Sports Sciences. 20 (3): 171-186.
141. Rojas, M. 2006. Desarrollo kinesiológico: la interpretación de un proceso para facilitar el movimiento corporal humano. Revista Ciencias de la Salud. Colombia, Bogotá. 4 (1): 59-72.

7. BIBLIOGRAFÍA

142. Rosenzweig, M., Leiman A., y Breedlove S. 2001. *Psicología Biológica, Una introducción a la ciencia conductual, cognitiva y clínica*. Ariel Neurociencia. España, Barcelona.
143. Rowland, T. 2000. Cap. 23. Exercise science and the child athlete. En: *Exercise and sport Science*. Eds. Garrett, W., y Kirkendall, D. Ed. Lippincott Williams & Wilkins.
144. Ruff, C. 2000. Biomechanical analyses of archeological human skeletons. En: *Biological Anthropology of the human skeleton*, Edit. Anne Katzenberg y Shelley R. Saunders, Wiley-Liss.
145. Sallis, J., y Hovell, M. 1990. Determinants of exercise behavior. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, Edit. Baltimore: Williams and Wilkins, 18: 307-330.
146. Sallis, J., Kaplan, R., y Patterson, T. 1993. *Health and Human Behavior*. Edit: NY: McGraw-Hill. New York, USA.
147. Sanders, R., y Owens, P. 1992. Hub movement during the swing of elite and novice golfers. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8: 320–330.
148. Santos, R. 2010. *Aspectos fundamentais do Malabarismo*. Edit: FUNARTE, Brasil.
149. SC (Softball Canada). 2008. *Long-Term Player Development Guide for Softball in Canada*. Ottawa, Eds. Softball Canada. Ottawa, Canada.
150. Schore, A. 1994. *Affect regulation and the origin of the self. The neurobiology of the emotional development*. Edit. Mahwah, NJ: Erlbaum (Lawrence Erlbaum Associates, Inc).
151. Shan, G., y Westerhoff, P. 2005. Full-body kinematic characteristics of the maximal instep Soccer kick by male soccer players and parameters related to kick quality. *Sports Biomechanics*, 4 (1): 59-72.
152. Sheldon, W. 1943. Use of the somatotype in standardizing and objectifying the adaptability rating for military aeronautics. A.A.F. School of Aviation Medicine, Report. No. 2. (Project No. 127).
153. Signorelli, A. 1999. *Antropología urbana*. Edit: Anthropos, México-UAM, México DF.
154. Silva, D., Petroski, E., Gaya, A. 2013. Anthropometric and Physical Fitness Differences Among Brazilian adolescents who practice different team court sports. *Journal of Human Kinetics*. (36): 77–86.
155. Sprigings, E., Marshall, R., Elliott, B., Jennings, L. 1994. A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet-head speed. *Journal of Biomechanics*, 21 (3): 245-254.
156. Squire, L., Bloom, F., Berg, G., Gosh, A., y Du Lac S. 2013. *Fundamental neuroscience*. Edit. Academic, San Diego.
157. SNC (Swimming/Natation Canada). 2008. *Long Term Athlete Development Strategy*. Eds. Swimming Canada. Ottawa, Canada.
158. Stockard, C. Developmental rate and structural expression: An experimental study of twins, "double monsters," and single deformities and their interaction among embryonic organs during their origins and development. 1921. *American Journal of Anatomy*, 28 (2): 115-275.

7. BIBLIOGRAFÍA

159. Swift, E. 1903. Studies in the Psychology and Physiology of Learning. *The American Journal of Psychology*, 14 (2): 201-251.
160. Taboadela, C. 2007. Goniometría una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. Edit. Asociart ART, 1^{ra} Ed. Argentina, B.A.
161. Tanner, J. 1977. Educación y desarrollo físico. Edit: Siglo XXI, México, DF.
162. Tanner, J. 1962. Growth at adolescence. Inglaterra. Edit. Blackwell Scientific Publications. 2^{da} Ed. Londres.
163. Tanner, J., Healy, M., Lockhart, R., MacKenzie, J., y Whitehouse, R. 1956. Aberdeen Growth Study. I. The prediction of adult body measurements from measurements taken each year from birth to five Years. *Archives of Disease in Childhood*. 31(159): 372–381.
164. Thelen, E., y Ulrich, B. D. 1991 Hidden skills: A dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, USA. 56 (1, Serial No. 223)
165. Thomas, M., y Knowland, V. 2009. Sensitive Periods in Brain Development: Implications for Education Policy. *European Psychiatric Review*, 2 (1): 17-20.
166. Thompson, R. 1977. Introducción a la psicología fisiológica. Edit. Harla.
167. Tirapu-Ustárrroz J, Luna-Lario P, Hernández-Goñi P, García-Suescun I. 2011. Relación entre la sustancia blanca y las funciones cognitivas. *Revista de Neurología*. 52: 725-42.
168. Toledo, M., Marquez, M., y Bello, P. 2004. Utilidad de la videopupilografía en el estudio de la dinámica pupilar. *Revista Cubana Oftalmológica*, 17(1): 55-61.
169. Trivers, R., Manning, J., Thornhill, R., Singh, D., McGuire, M. 1999. Jamaican Symmetry Project: Long-term study of fluctuating asymmetry in rural Jamaican children. *American Journal of Human Biology*. 71(3): 417–430.
170. Truzzi, M., y Truzzi, M. 1974. Notes Toward a History of Juggling. *Bandwagon*, USA, 18 (2): 4-7.
171. Truzzi, M. 1979. On Keeping Things Up in the Air. *Natural History*, USA. 88 (10): 44-55.
172. Velázquez, R. 2012. Contenidos educativos en el Circo Atayde Hermanos, tesina para obtener el título de Lic. en Pedagogía, en: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras. México, DF.
173. Vickers, J. 2007. Perception, cognition and decision training: the quiet eye in action. Champaign, IL. *Human Kinetics*.
174. Vickers, J. 2011. Mind over muscle: the role of gaze control, spatial cognition, and the quiet eye in motor expertise. *Cognitive Processing*. 112: 219-222.
175. Vickers, J., Rodrigues, S., y Edworthy, G. 2000. Quiet eye and accuracy in the dart throw. *International Journal of Sports Vision*. 66 (1): 30-36.
176. Wainwright, S., Biggs, W., Currey, J., Gosline, J. 1982. Mechanical design in organism. Edit. Princeton University Press, USA.

7. BIBLIOGRAFÍA

177. Walker, R. 1995. ¿Cirqueros o Circenses? Una aproximación socioantropológica del circo.. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de filosofía y letras. Tesis para obtener el grado de licenciatura en Antropología Social. Puebla, México
178. Wallerstein, I. 1999. Impensar Las Ciencias Sociales: Límites de los paradigmas Decimonónicos. Edit. Siglo XXI. México, DF.
179. Walsh F. 1947. Pupila. En: Clinical neuro-ophtalmology. 1era ed. New York Williams and Wilkins, USA .177-215.
180. Watkins J. 2000. Biomechanics of movement. En: Armstrong N and Van Mechelen W (Eds), Textbook of Paediatric Exercise Science and Medicine, Oxford: Oxford University Press. Reino Unido. 107-122.
181. Wells, J. y Wood, G. 1975. The application of biomechanical motion analysis to aspects of green monkey (*Cercopithecus a. sabaeus*) locomotion. American Journal of Physical Anthropology. 43 (2): 217-226.
182. Weltman, A. 1989. Weight training in prepubertal children: physiologic benefit and potential damage. En: Bar-Or O (Ed): Advances in Pediatric Sports Science: Biologic Issues, vol 3. Champaign, IL, Human Kinetics, pp. 101-129.
183. Williams, A., Davids K. 1998. Visual search strategy, Selective attention, and expertise in soccer. Research Quarterly for Exercise and Sport. 69 (2): 111-128.
184. Winter, D. 2009. Biomechanics and Motor Control of Human Movement, 4^{ta} edición. Edit. John Wiley & Sons, New York, USA.
185. Woltring, H. 1980. Planar control in multi camera calibration for 3-D gait studies. Journal of Biomechanics, (13): 39-48.
186. Yakimovsky, Y., Cunningham, R. 1978. A system for extracting three-dimensional measurements from a stereo pair of TV cameras. Computer Graphics and Image Processing. (7): 195-210.
187. Yanoff, M., Duker, J. 2008. Ophthalmology. Edit. Edinburgh: Mosby, 3^{ra} edición.
188. Zabalza, I. 2010. Mecánica II. Edit. Universidad Pública de Navarra, España. Texto diseñado como material didáctico al curso: Mecánica II (33201) de 2º Ingeniería Técnica Industrial: Mecánica.
189. Zarghami, M., Saemi, E., Fathi, I. 2012. External focus of attention enhances discus throwing performance. Kinesiology 44(1):47-51.