

ANÁLISIS POSTURAL POR IMAGENOLÓGIA COMPUTARIZADA: APIC V-8

GUSTAVO RAMÓN SUÁREZ*

gusramon2000@yahoo.es

ESQUEMA

1. OBJETIVOS
2. METODOLOGÍA
 - 2.1. Parámetros inerciales
 - 2.2. Sistema de referencia
 - 2.3. Captura de imágenes
 - 2.4. Delimitación de puntos anatómicos de referencia
 - 2.5. Digitalización puntos anatómicos de referencia
 - 2.6. Selección, definición y cálculo de las variables
 - 2.7. Centro de gravedad y relación con la alineación postural
 - 2.8. Procedimiento

* Docente – investigador de la Universidad de Antioquia, Instituto de Educación Física (Colombia). Grupo de Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte GRICAFDE. Licenciado en Educación Física, Médico, Magíster en Actividad Física, Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

ANÁLISIS POSTURAL POR IMAGENOLÓGÍA COMPUTARIZADA: APIC V-8

1. GENERALIDADES

El programa APIC es un sistema de análisis postural basado en la demarcación¹ previa de puntos anatómicos básicos de un sujeto por analizar, para luego tomar fotografías que sirvan de base para posteriormente analizarlas mediante un sistema de captura de coordenadas cartesianas utilizando las herramientas de la hoja de cálculo de Excel y los comandos básicos de Visual Basic.

OBJETIVOS:

- 1.1. Medir la variación de la posición de los segmentos corporales en el plano sagital y en el plano frontal.
- 1.2. Establecer la línea de gravedad y determinar la relación de ésta con la alineación de los segmentos corporales.
- 1.3. Realizar un informe de la medición

2. METODOLOGIA:

- 2.1. Parámetros inerciales: se emplean los parámetros inerciales de De Leva (1996) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros inerciales de DeLeva (1996).

Segmento	Peso de los segmentos relativo al peso total del cuerpo (% de 1)		Localización del vector CG de los segmentos corporales, expresado como porcentaje de la distancia total, a partir del punto proximal	
	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>
Cabeza-Cuello	0.0694	0.0688	59.76	58.94
Tronco	0.4346	0.4257	44.86	41.51
Brazo	0.0271	0.0255	57.72	57.54
Antebrazo	0.0162	0.0138	45.74	45.59
Mano	0.0061	0.0056	79.00	74.74
Muslo	0.1416	0.1478	40.95	36.12
Pierna	0.0433	0.0481	44.59	44.16
Pie	0.0137	0.0129	44.15	40.14

- 2.2. Sistema de referencia: se emplea un altímetro previamente calibrado de 1.00 metros de longitud por 0.5 m de ancho. El objetivo de este procedimiento es convertir las unidades de programación en pixeles a unidades del sistema métrico.

¹ Para la demarcación se utilizan marcadores planos (stickers) o marcadores tridimensionales (bolas de icopor con líneas demarcadas); cintas o aditivos en forma de lazo para demarcar las articulaciones de la muñeca, codo y rodilla.

2.3. Captura de imágenes: Se utiliza una cámara digital con posibilidad de zoom y de interconexión con el computador. Se capturan seis fotogramas básicos: de frente, de espalda, lado derecho, lado izquierdo, en flexión anterior de tronco (Maniobra de Adams) visto de frente y visto de lado.

2.4. Delimitación de puntos anatómicos de referencia del plano frontal: Como plano frontal se establece aquel en el cual se puede apreciar lo que está a la derecha, a la izquierda, arriba y abajo. En este plano se consideran dos vistas: la anterior y la posterior. En el cuadro 1 y figura 1 se especifican los puntos anatómicos de referencia de la vista anterior del plano frontal. En el cuadro 2 y figura 1 se especifican los puntos anatómicos de referencia de la vista posterior del plano frontal. A continuación se definen los puntos en cuestión para ambas vistas.

➤ Caracterización de los puntos de la vista anterior del plano frontal:

1. *Punto medio articular del tobillo:* es el punto medio de la distancia entre los puntos F1-F2, y F16 y F17 (maléolos externo e interno, derecho e izquierdo, respectivamente).
2. *Tuberosidad anterior de la tibia:* es el punto de inserción del tendón del cuádriceps en la tibia. Se detecta manualmente
3. *Centro de la rodilla:* se toma el promedio de los puntos corresponden a los bordes interno y externo de la rodilla (F4-F5 y F19-F20, derecho e izquierdo respectivamente).
4. *Centro geométrico de la rótula:* se toma la distancia media horizontal de los puntos interno y externos de la rótula (F7-F8, F22-F23, derecho e izquierdo, respectivamente) y la distancia media vertical de los puntos superior e inferior de la rótula (F6-F9, F21-F22, derecho e izquierdo, respectivamente).
5. *Articulación coxo-femoral:* En un estudio radiográfico sobre 14 sujetos (7 hombres y 7 mujeres) se tomó la distancia horizontal entre la sínfisis púbica y la cabeza femoral (distancia horizontal interna), y la distancia entre la sínfisis púbica y la cresta iliaca (distancia horizontal total), encontrándose que, en promedio, la distancia horizontal interna equivale al 57% de la distancia horizontal total (Gráfico 1). No se encontraron diferencias significativas entre los dos géneros. De la misma manera, se tomó la distancia vertical entre la cresta iliaca y la cabeza femoral (distancia vertical superior) y entre la cresta iliaca y el punto de unión interna de los muslos (distancia vertical total), encontrándose que la distancia vertical superior es el 47% de la distancia vertical total. No se encontraron diferencias significativas entre los dos géneros.

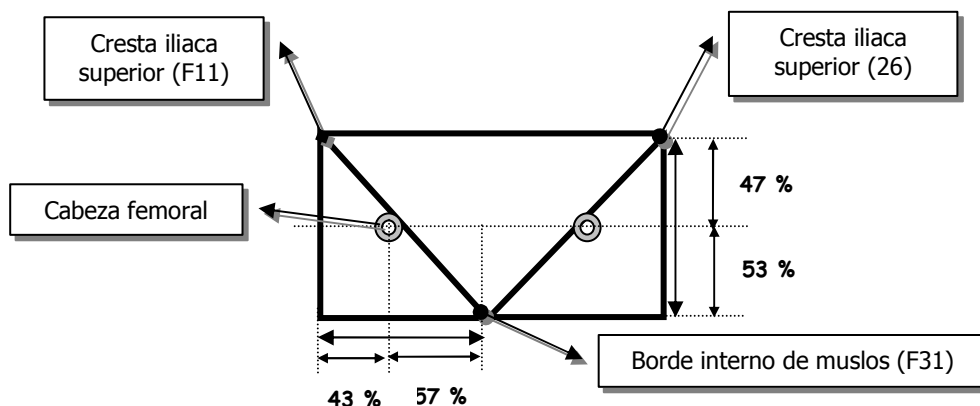


Gráfico 1: Relación porcentual: a) Entre la distancia horizontal desde el borde interno de los muslos-cabeza femoral y borde interno de muslo-cresta iliaca. b) Entre cresta iliaca-cabeza femoral y cresta iliaca-borde interno de los muslos.

Con base en este estudio, se estableció la ubicación de la articulación coxo-fermoral (ACF) a partir de conocer los puntos anatómicos correspondientes a las crestas iliacas y el punto de confluencia interna de los muslos:

$$\mathbf{ACF \rightarrow CFx = F5x + (F19x - F5x) * 0.43; ACFy = F19y + (F5y - F19y) * 0.53}$$

Cuadro 2. Puntos anatómicos de referencia para la vista anterior del plano frontal.

Lado derecho		Lado izquierdo	
Punto	Ubicación	Punto	Ubicación
F1	Maléolo interno	F16	Maléolo interno
F2	Maléolo externo	F17	Maléolo externo
F3	Tuberosidad anterior tibia	F18	Tuberosidad anterior tibia
F4	Borde interno rodilla	F19	Borde interno rodilla
F5	Borde externo rodilla	F20	Borde externo rodilla
F6	Borde inferior rótula	F21	Borde inferior rótula
F7	Borde interno rótula	F22	Borde interno rótula
F8	Borde externo rótula	F23	Borde externo rótula
F9	Borde superior rótula	F24	Borde superior rótula
F10	Articulación coxofemoral	F25	Articulación coxofemoral
F11	Cresta iliaca superior	F26	Cresta iliaca superior
F12	Acromion	F27	Acromion
F13	Articulación del codo	F28	Articulación del codo
F14	Articulación de la muñeca	F29	Articulación de la muñeca
F15	Extremo distal 3 dedo	F30	Extremo distal 3 dedo
Puntos centrales			
F31	Pliegue intermuslo	F34	Entrecejo
F32	Punto supraesternal	F35	Vertex
F33	Mentón	D1	Hemidorso derecho
		D2	Hemidorso izquierdo

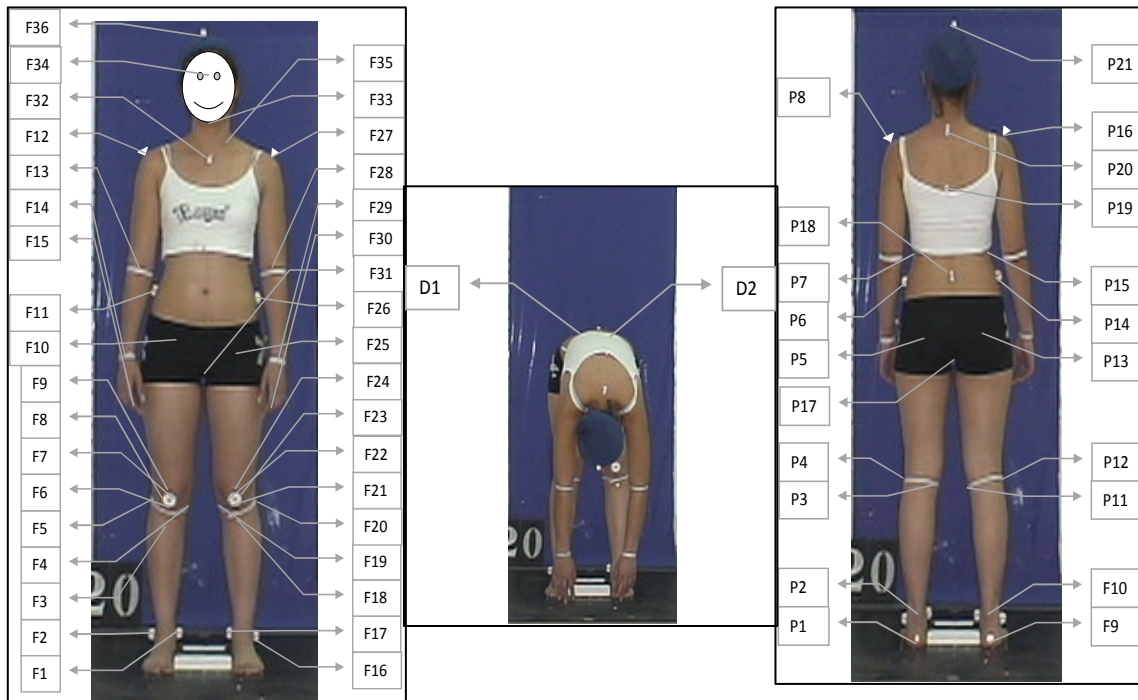


Figura 1. Numeración de los puntos anatómicos de referencia de la vista anterior y posterior del plano frontal.

6. *Cresta iliaca superior:* este punto se demarca con base en la delimitación manual en la región lateral y superior de la cadera.
7. *Articulación acromioclavicular:* este punto corresponde al borde mas externo del acromion en la parte superior del hombro. Se detecta con el borde de la uña.
8. *Articulación del codo:* para tal efecto se demarca el pliegue sobre la piel del codo y el punto corresponde a la distancia media entre el epicóndilo y la epitroclea.
9. *Articulación de la muñeca:* se demarca el pliegue sobre la muñeca, de manera que el punto medio entre las dos apófisis estiloides corresponde al centro geométrico de la muñeca.
10. *Extremo distal del tercer dedo:* corresponde al extremo distal de la tercera falange del tercer dedo.
11. *Pliegue intermuslo:* corresponde a la unión de los bordes internos de los muslos, en la región inguinal infrapúbica.
12. *Punto supraesternal:* corresponde al punto de encima de la horquilla esternal.
13. *Mentón:* corresponde al punto medio del maxilar inferior.
14. *Entrecejo:* es el punto medio entre los bordes internos de las cejas.
15. *Vertex:* el punto más alto y medio del cráneo. Se utiliza un gorro de baño sobre el cual se demarcan líneas auxiliares media y sagital; en su intersección se utiliza un marcador.
16. *Hemidorsos derecho e izquierdo:* en la maniobra de Adams (flexión de tronco con rodilla extendidas) se demarcan los hemidorsos derecho e izquierdo

Cuadro 3. Puntos anatómicos de referencia de la vista posterior, plano frontal.

Lado derecho		Lado izquierdo	
Punto	Ubicación	Punto	Ubicación
P1	Punto medio del talón	P9	Punto medio del talón
P2	Punto medio articular de tobillo	P10	Punto medio articular de tobillo
P3	Punto interno de la rodilla	P11	Punto interno de la rodilla
P4	Punto externo de la rodilla	P12	Punto externo de la rodilla
P5	Articulación coxofemoral	P13	Articulación coxofemoral
P6	Cresta ilíaca superior	P14	Cresta ilíaca superior
P7	Angulo abdomino-costal	P15	Angulo abdomino-costal
P8	Articulación acromioclavicular	P16	Articulación acromioclavicular
Puntos centrales			
P17	Pliegue interglúteo	P19	10 vértebra dorsal
P18	3 vertebra lumbar	P20	7 vértebra cervical
		P21	Vertex

➤ Caracterización de los puntos de la vista posterior, plano frontal: (Cuadro 3, figura 1)

1. *Punto medio del talón:* de delimita el punto medio de retropié o talón, tanto derecho como izquierdo (P1 y P9).
2. *Punto medio articular del tobillo:* se toma el punto medio de los maléolos externo e interno (P2 y P10, derecho e izquierdo, respectivamente).
3. *Angulo abdomino-costal:* es el punto en el cual cambia la línea de contorno del tórax al unirse al abdomen.
4. *Punto más interno de la rodilla:* se demarca el pliegue articular de la rodilla y se sitúa el borde mas interno.
5. *Punto más externo de la rodilla:* se demarca el pliegue articular de la rodilla y se sitúa el borde mas externo

6. *Articulación coxofemoral:* se sigue el mismo procedimiento que para la vista anterior.
7. *Articulación acromioclavicular:* es el punto correspondiente al extremo distal del acromion.
8. *Punto interglúteo:* al igual que en la vista anterior, este punto corresponde a la unión de los borde internos de los muslos, en la región inguinal-glútea.
9. *Apófisis espinosa de la 3 vértebra lumbar:* corresponde a la vértebra que se encuentra en la intersección horizontal de las dos cretas iliacas superiores.
10. *Apófisis espinosa de la 10 vértebra dorsal:* corresponde a la intersección horizontal de los bordes inferiores de las escápulas.
11. *Apófisis espinosa de la 7 vértebra cervical:* corresponde a la mayor prominencia que se produce en la región cervical al realizar una flexión de cuello.

➤ Caracterización de los puntos de la vista derecha, plano sagital: en el cuadro 4 y figura 2 se resumen los puntos de este plano.

Cuadro 4. Puntos anatómicos de referencia del plano sagital.

<i>Puntos centrales</i>		<i>Puntos periféricos</i>	
Punto	Ubicación	Punto	Ubicación
L1	Borde mas posterior del talón	L15	Borde mas posterior nalga
L2	Borde mas anterior del pie	L16	Borde interno lordosis lumbar
L3	Maléolo externo	L17	Borde posterior cifosis dorsal
L4	Borde posterior de la rodilla	L18	Borde interno lordosis cervical
L5	Borde anterior de la rodilla	L19	Occipucio
L6	Trocánter mayor		
L7	Articulación acromioclavicular		
L8	Articulación del codo		
L9	Articulación de la muñeca		
L10	Extremo distal 3 dedo		
L11	Supraesternal		
L12	7ª vértebra cervical		
L13	Meato auditivo externo		
L14	Vértex		

1. *Borde más posterior del talón:* corresponde al punto más posterior del pie.
2. *Borde más anterior del pie:* el punto correspondiente a la falange más distal del pie.
3. *Maléolo externo:* corresponde al centro geométrico del maléolo externo.
4. *Borde más anterior de la rodilla:* se demarca el pliegue articular de la rodilla y se demarca el punto más anterior.
5. *Borde más posterior de la rodilla:* se demarca el pliegue articular de la rodilla y se demarca el punto más posterior.
6. *Trocánter mayor del fémur:* mediante palpación se determina y se marca con papel de enmascarar formando una cruz, la mayor prominencia del borde lateral de la cadera, recurriendo a la flexión y extensión de la cadera.
7. *Articulación acromioclavicular:* se demarca el punto correspondiente al borde externo del acromion.
8. *Centro de la articulación del codo:* para tal efecto se demarca el pliegue sobre la piel del codo y el punto corresponde a la distancia media entre el epicóndilo y la epitroclea.

9. *Centro de la articulación de la muñeca:* se demarca el pliegue sobre la muñeca, de manera que el punto medio entre las dos apófisis estiloideas corresponde al centro geométrico de la muñeca.
10. *Extremo distal del tercer dedo:* corresponde al extremo distal de la tercera falange del tercer dedo.
11. *Supraesternal:* corresponde al punto marcado en el plano frontal, vista anterior.

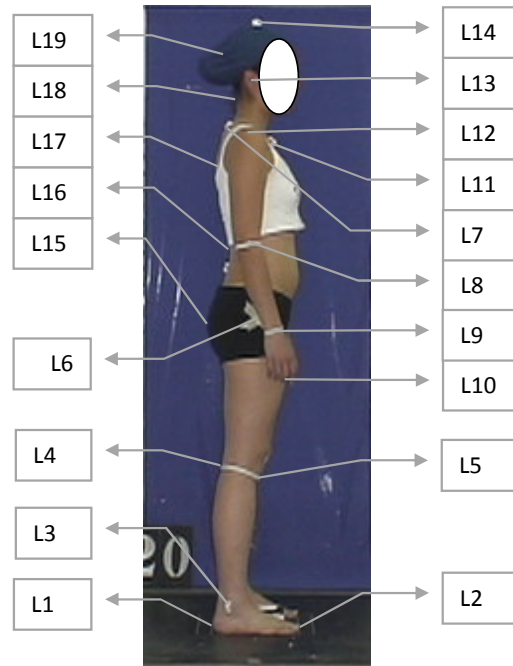


Figura 2. Puntos anatómicos y numeración del plano sagital

12. *7ª vértebra cervical:* corresponde a la apófisis posterior de la 7ª vértebra cervical, demarcado en el plano frontal, vista posterior.
13. *Meato auditivo externo:* corresponde al meato auditivo externo.
14. *Vértex:* corresponde al punto demarcado en plano frontal.
15. *Borde más posterior de la nalga:* se observa el punto mas posterior de la curvatura de la nalga y se demarca.
16. *Borde interno de la lordosis lumbar:* se observa la curvatura lumbar y se demarca el punto correspondiente a la convexidad.
17. *Borde más posterior de la cifosis dorsal:* se demarca el punto de mayor concavidad en el dorso.
18. *Borde más interno de la lordosis cervical:* se observa la curvatura cervical y se demarca el punto correspondiente a la convexidad.
19. *Occipucio:* el punto más posterior del cráneo.

2.5. Digitalización de los puntos de referencia:

El proceso de delimitación de los puntos anatómicos hace referencia a obtener las coordenadas cartesianas (X,Y) de cada uno de ellos. Para ello se emplea el programa Visual Basic bajo ambiente de Excel, el permite determinarlas mediante el uso de los "eventos del ratón" al hacer "clic" en cada punto, el programa registra las coordenadas pertinentes. La digitalización se hace en el mismo orden en que se han establecido los puntos. El programa APIC posee una ayuda que le permite conocer de antemano el punto que se debe digitalizar. Con base en este proceso, el programa calcula las variables.

2.6. Definición y cálculo de las variables

Las variables se definen de acuerdo a los planos y vistas definidas. Para el cálculo de los ángulos, distancias o alturas se emplea los principios de la fotogrametría (Allard y col., 1997), los cuales permiten realizar cálculos matemáticos con un alto grado de precisión.

El fundamento básico para el cálculo matemático es el plano cartesiano, donde cada punto tiene dos componentes: uno sobre el eje horizontal (componente en X) y otro sobre el eje vertical (componente Y). Empleando el programa VisualBasic bajo ambiente de Excel, se puede determinar la posición del ratón en relación con la rejilla de la pantalla ("eventos del ratón") y que no son otros que los componentes X y Y.

Una vez obtenidas las coordenadas de varios puntos se puede establecer los siguientes cálculos:

- a) Distancia entre dos puntos (d_{1-2}): Sea el punto 1 con coordenadas (1x,1y) y el punto 2 con coordenadas (2x,2y), la distancia entre dichos puntos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d_{1-2} = \sqrt{(1x - 2x)^2 + (1y - 2y)^2} \quad (F-1)$$

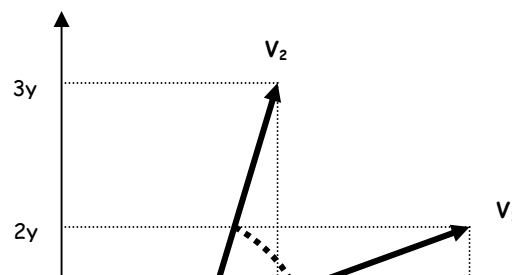
- b) La escala: Dado que las coordenadas que se obtienen con el programa Visual Basic están en pixeles (Unidades de medida en programación), dichas unidades se deben convertir en metros. Para ello, se establecen las coordenadas de un objeto de dimensiones conocidas u objeto de referencia (1.00m) y se hace el siguiente cálculo:

Sean O1 (O1x, O1y) y O2 (O2x, O2y) las coordenadas proximales y distales del objeto de referencia. Con base en la fórmula F-1 se determina su distancia en pixeles (Dpix). A continuación se plantea una regla de tres: si Dpix equivale a 1.00 m, a cuantos metros equivale 1pix. Esta equivalencia es el factor de la escala.

- c) Angulo entre dos vectores (θ): Un vector está constituido por dos puntos con sus respectivas coordenadas. Dado el vector 1 (V_1) constituido por los puntos 1-2 con coordenadas (1x, 1y)-(2x-2y) y el vector 2 (V_2) por los puntos 1-3, con coordenadas (1x,1y)-(3x-3y) (Ver figura 3). Por lo tanto, el vector V_1 tendrá como coordenadas en X la diferencia entre el punto distal y el proximal y en Y, las diferencias entre los mismos puntos.

Las coordenadas de los vectores serán:

$$V_1 = V_{1x} \rightarrow (2x-1x); \quad V_{1y} \rightarrow (2y-1y)$$



$$V_2 = V_{2x} \rightarrow (3x-1x); \quad V_{2y} \rightarrow (3y-1y)$$

Figura 3. Coordenadas cartesianas y ángulo entre dos vectores (V_1 y V_2)

El ángulo que forman los dos vectores V_1 - V_2 se establece mediante la ecuación correspondiente al producto escalar de dos vectores:

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{(V_{1x} * V_{2x}) + (V_{1y} * V_{2y})}{|V_1| * |V_2|} \right] \quad (F-2)$$

2.6.1. Plano frontal, vista anterior:

Las variables del plano frontal están encaminadas a establecer:

- simetría y anormalidades en la alineación de los segmentos que conforman las rodillas y la cabeza,
- desniveles en la altura de las crestas iliacas y de los hombros

a) Ángulo de la cabeza:

El ángulo de la cabeza es la relación angular entre la línea formada por la unión entre el mentón y el entrecejo, con la línea horizontal. En este caso también se forman dos vectores: a) el vector de posición de la cabeza (V_{CA}) conformado por los puntos pertenecientes al mentón y al entrecejo, b) el vector de posición de la horizontal (V_{HOR}). Para el cálculo del ángulo que forman, se aplica F2.

$$\begin{aligned} V_{CAB} \rightarrow V_{CABX} &= (F34x - F33x); \quad V_{PRY} = ((F34y - F33y)) \\ V_{HOR} \rightarrow V_{HORX} &= (F34x - F33x); \quad V_{HORY} = ((F34y)) \end{aligned}$$

b) Ángulo del tronco:

El ángulo del tronco es la relación angular entre el vector del tronco con la línea horizontal. En este caso también se forman dos vectores: a) el vector de posición del tronco (V_{TRO}) conformado por los puntos pertenecientes supraesternal y el intermuslo, b) el vector de posición de la horizontal (V_{HOR}). Para el cálculo del ángulo que forman, se aplica F2.

$$\begin{aligned} V_{TRO} \rightarrow V_{TROX} &= (F32x - F31x); \quad V_{TROY} = ((F32y - F31y)) \\ V_{HOR} \rightarrow V_{HORX} &= (F34x - F33x); \quad V_{HORY} = ((F31y)) \end{aligned}$$

c) Angulo de las rodillas.

El ángulo de la rodilla es el ángulo externo formado por los vectores de posición de la pierna (V_{PR}) y del muslo (V_{MU}) (Figura 4).

El vector de la pierna está conformado por el extremo distal, que es el tobillo y el proximal, que es la rodilla. El punto distal a su vez está conformado por el promedio de los puntos F1-F2 para el lado derecho y los puntos F16-F17 para el lado izquierdo. El punto proximal está conformado por el promedio de los puntos F4-F5 y F19-F20. El vector tendrá las siguientes coordenadas:

$$V_{PR} \text{ Der} \rightarrow V_{PR}X = ((F1x + F2x)/2) - (F4x + F5x)/2; \quad V_{PR}Y = ((F1y + F2y)/2) - (F4y + F5y)/2$$

$$V_{PR} \text{ Izq} \rightarrow V_{PR}X = ((F16x + F17x)/2) - (F19x + F20x)/2; \quad V_{PR}Y = ((F16y + F17y)/2) - (F19y + F20y)/2$$

El vector del muslo está conformado teniendo como punto distal la articulación coxofemoral tanto derecha como izquierda (F10 y F25), y como punto proximal, la rodilla, ya descrita para el vector de la pierna. El vector tendrá las siguientes coordenadas:

$$V_{MU} \text{ Der} \rightarrow V_{MU}X = ((F10x - (F4x + F5x)/2); \quad V_{MU}Y = ((F10y - (F4y + F5y)/2)$$

$$V_{MU} \text{ Izq} \rightarrow V_{MU}X = ((F25x - (F19x + F20x)/2); \quad V_{MU}Y = ((F25y - (F19y + F20y)/2)$$

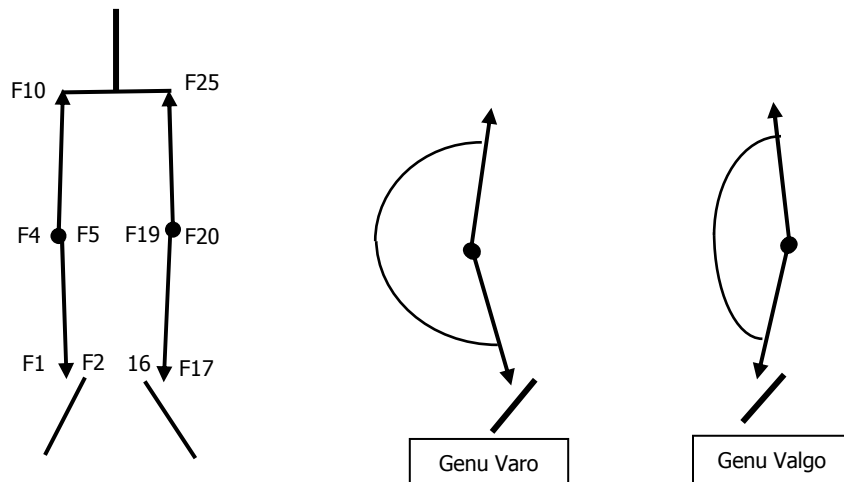


Figura 4: Esquema de los vectores que constituyen la rodilla, tanto izquierda como derecha. En el lado derecho, casos de desviación de la rodilla derecha (Genu valgo, y genu varo)

Para el cálculo del ángulo se tienen en cuenta los vectores de posición de la pierna (V_{PR}) y el muslo (V_{MU}), y se aplica la fórmula F2.

d) Angulo Q:

El ángulo Q es el ángulo formado por dos vectores: a) $V1$, formado por la unión entre el centro geométrico de la rótula y la tuberosidad anterior de la tibia (F2) y b) $V2$, formado por la unión entre el centro geométrico de la rótula y la articulación coxofemoral (F10). El centro geométrico de la rótula (CGRot) se determina a partir de los puntos F6, F7, F8 y F9 para el lado derecho; para el lado izquierdo, con los puntos F21, F22, F23 y F24. Para el cálculo de su valor se emplea la fórmula F-2. En los hombres, este ángulo no debe ser mayor de 11° , mientras que en las mujeres no debe sobrepasar los 16° .

$$V_1 \rightarrow V_1X = (F34x - CGRot x); V_1Y = (F34y - CGRot y)$$

$$V_2 \rightarrow V_2X = (F3x - CGRot x); V_2Y = ((F3y - CGRot y)$$

e) Torsión femoral-tibial:

En condiciones normales, las coordenadas X tanto de la tuberosidad anterior de la tibia como la del centro geométrico de la rótula deben ser iguales. Es decir, tanto la rótula como la tuberosidad anterior de la tibia deben estar alineadas en el centro de la rodilla. Si la rótula está centrada pero la tuberosidad anterior de la tibia es desviada hacia adentro o hacia fuera, se describe esta anomalía como una rotación tibial interna o externa, respectivamente. Y lo contrario, si la tuberosidad anterior es la que está centrada y la rótula está desviada hacia dentro o hacia fuera, el muslo estará rotado interna o externamente.

Para el cálculo matemático se emplea el siguiente procedimiento:

ARot = Alineación de la rótula
 CGRod-X = Coordenada en X del centro geométrico de la rodilla
 CGRot-X = Coordenada en X del centro geométrico de la rótula

AROT = CGRod-X - CGRot-X
 Si AROT = 0 → Rótula alineada
 Si AROT > 0 → Rótula desviada internamente; torsión femoral interna
 Si AROT < 0 → Rótula desviada externamente; torsión femoral Externa.

ATAT = Alineación de la tuberosidad anterior de la tibia
 CGRod-X = Coordenada en X del centro geométrico de la rodilla
 CTATx = Coordenada en X de la tuberosidad anterior de la tibia

ATAT = CGRod-X - CTATx
 Si ATAT = 0 → TAT alineada
 Si ATAT > 0 → torsión tibial interna
 Si ATAT < 0 → torsión tibial externa.

f) Diferencia de altura de los hombros (DAH):

La diferencia de altura de las caderas es la diferencia entre las coordenadas Y de las dos caderas, multiplicada por la escala.

$$DAH = (F12y - F27y) * \text{escala}$$

g) Diferencia de altura de las caderas (DAC):

La diferencia de altura de las caderas es la diferencia entre las coordenadas Y de las dos caderas, multiplicada por la escala. Es decir:

$$DAC = (F11y - F26y) * \text{escala}$$

h) Diferencia de altura de los hemidorsos (DHD):

La diferencia de altura de las caderas es la diferencia entre las coordenadas Y de los dos hemidorsos, multiplicada por la escala. Es decir:

$$DAC = (D1y - D2y) * \text{escala}$$

En el cuadro 5 se resumen las variables del plano frontal, vista anterior, anexando los indicadores para su interpretación.

Cuadro 5. Caracterización de las variables en el plano frontal, vista anterior.

Variable	Segmentos y puntos de digitalización		Indicadores
Angulo de la cabeza	Cabeza	Entrecejo (F34) – Mentón (F33)	< 90° → inclinada izquierda = 90° → centrada > 90° → inclinada derecha
	Horizontal		
Angulo del tronco	Tronco	Supraesternal (F32) – Intermuslo (F31)	< 90° → inclinado izquierda = 90° → centrada > 90° → inclinado derecha
	Horizontal		
Angulo de las rodillas	Muslo	Art.coxofemoral (F10 o F25) y Rodilla (F5-F6) o (F19-F20)	< 180° → genu valgo = 180° → normal > 180° → genu varo
	Pierna	Tobillo (F1-F2) o (F16-F17) y Rodilla (F5-F6) o (F19-F20)	
Angulo Q	V1	Art.coxofemoral - Rótula	H:SiQ > 11° → incrementado. M:SiQ > 16° → incrementado
	V2	Tub. Ant tibia - Rótula	
Torsión femoral		CGRod-X – CGRot-X	Si ARot=0 → Rót. centrada Si ARot > 0 → tor. Fem. int Si ARot > 0 → tor. Fem. ext
Torsión tibial		CGRod-X – CTATTx	Si ATAT=0 → TAT alineada Si ATAT > 0 → tor.tib. int. Si ATAT > 0 → tor.tib. ext.
Diferencia altura acromion	Hombros	Acromion izquierdo (F12y) – Acromion derecho (F27y)	< 0 → izquierdo más alto = 0 → nivelados > 0 → derecho más alto
Diferencia de caderas	Caderas	Cadera izquierda (F11y) – Cadera derecha (F26y)	< 0 → izquierda más alta = 0 → niveladas > 0 → derecha más alta
Diferencia de hemidorsos	Dorsos	Derecho (D1) – Izquierdo (D2)	< 0 → izquierdo más alta = 0 → nivelados > 0 → derecho más alta

2.6.2. Plano frontal, vista posterior:

Las variables en esta vista están encaminadas a establecer:

- Simetría y anomalías en la alineación de los segmentos que conforman la cabeza, el tronco, y los tobillos.
- Diferencia de alturas de las caderas, los hombros y el ángulo toracoabdominal.

- a) Angulo de la cabeza: similar al tomado en la vista de frente.
- b) Angulo del tronco: similar al tomado en la vista de frente
- c) Angulo de los tobillos:

El ángulo de los tobillos es la relación angular entre dos vectores: a) Vector del talón (V_{TAL}) conformado por los puntos pertenecientes al punto medio del talón y el del tobillo, y b) Vector de la pierna (V_{PR}) conformado por el punto de la rodilla y el tobillo.

$$V_{TAL} = V_{TAL} X \rightarrow (P1X - 2X), V_{TAL} Y \rightarrow (P1Y - P2Y)$$

$$V_{PR} = V_{PR} X \rightarrow ((P3X + P4X) - P2X), V_{PR} Y \rightarrow ((P3Y + P4Y) - P2Y)$$

Para el cálculo del ángulo que forman, se aplica F-2

- d) Diferencia de altura de los ángulos toracoabdominales.

La altura ángulo toracoabdominal (ATA) se define el valor de la coordenada Y de dicho punto (P7 Y P15). La medición de esta variables corresponderá a la diferencia entre los dos puntos en el eje Y. El cálculo matemático es:

$$P7y - P15Y,$$

si = 0 → iguales;
 si > 0 →, derecho mas alto que izquierdo,
 si < 0 →, izquierdo mas alto que derecho.

- e) Diferencia de las distancias toracoabdominales horizontales (DTAH).

La distancia toracoabdominal horizontal es la distancia horizontal desde el centro geométrico del codo (CGC) hasta el ángulo toracoabdominal. El cálculo matemático es:

$$DTAHDer = P7x - PCGCDer x ; DTAHIzq = P15x - PCGCIzq x$$

$$DTAH = DTAHDer - DTAHIzq$$

si = 0 → iguales;
 si > 0 →, desviado a la derecha,
 si < 0 →, desviado a la izquierda.

En el cuadro 6 se resumen las variables así como los indicadores para las variables estudiadas en el plano frontal, vista posterior.

Cuadro 6. Caracterización de las variables en el plano frontal, vista posterior (CGx= coordenada en X del centro de gravedad).

Variable	Segmentos y puntos de digitalización		Indicadores
Angulo de la cabeza	Cabeza	Vertex (P17) – 7ª Cervical (P16)	< 90° → inclinada derecha = 90° → centrada > 90° → inclinada izquierda
	Horizontal		
Angulo del tronco	Tronco	7ª cervical (P16) – Punto	< 90° → inclinada derecha

		medio (P4 + P10)	= 90° → centrada > 90° → inclinada izquierda
	Horizontal		
Angulo de los tobillos	Talón derecho	Base talón (P1) – Punto medio articular (P2)	< 90° → varo = 90° → normal > 90° → valgo
	Talón izquierdo	Base talón (P6) – Punto medio articular (P7)	
Diferencia de altura de los ángulos toracoabdominales	Ángulos toracoabdominales	P7y – P15Y	si = 0 → iguales si > 0 →, der mas alto si < 0 →, izq mas alto
Diferencia de las distancias toracoabdominales horizontales	Ángulos toracoabdominales	DTAH= DTAHDer - DTAHIzq	si = 0 → iguales; si > 0 →, desv derecha, si < 0 →, desv izquierda.

2.6.3. Plano sagital.

En este plano se tomarán dos vistas: la derecha y la izquierda. Las variables serán las mismas para las dos vistas.

Las variables definidas en este plano están encaminadas a determinar:

- ◆ La angulación de la cabeza, tronco, rodilla, lordosis lumbar, lordosis cervical y cifosis dorsal.
- ◆ Las distancias de los segmentos corporales a la línea vertical posterior, la cual coincide con el punto de la cifosis máxima (P17).

En lo referente a las variables angulares, a continuación se especifican sus cálculos.

a) Angulo de la rodilla:

El ángulo la rodilla (AL_{ROD}) está conformado por los vectores de posición del muslo y de la pierna. Para el cálculo del ángulo se empleará el mismo procedimiento explicado en el plano frontal. (3.6.1.c.).

Si $AL_{ROD} = 180^\circ \rightarrow$ normal

Si $AL_{ROD} < 180^\circ \rightarrow$ tendencia al genu flexum

Si $AL_{ROD} > 180^\circ \rightarrow$ tendencia al genu recurvatum

b) Angulo del tronco:

El ángulo del tronco (A_{TRO}) está conformado por el vector de posición del tronco (V_{TRO}). El vector del tronco lo constituyen, en la parte distal los puntos supraesternal (L12) y 7ª cervical (L11); en la parte distal, el trocánter mayor (L6). El ángulo se calculó por funciones trigonométricas.

$$V_{TRO} \rightarrow V_{TROX} = ((L12x + L11x) - L6x); V_{TROY} = ((L12y + L11y) - L6y)$$

$$A_{TRO} = \tan^{-1}(V_{TROY} / V_{TROX})$$

Si $A_{TRO} = 90^\circ \rightarrow$ neutro

Si $A_{TRO} = < 90^\circ \rightarrow$ tendencia a la flexión

Si $A_{TRO} = > 90^\circ \rightarrow$ Tendencia a la extensión

c) Angulo de la lordosis lumbar:

El ángulo de la lordosis lumbar (A_{LL}) está conformado por el vector que une los puntos correspondientes al el punto más interno de la lordosis lumbar (L16) y borde más posterior de la nalga (L15). El ángulo se calculó por funciones trigonométricas.

$$V_{LL} \rightarrow V_{LLX} = (L16x - L15x); V_{TRO}Y = ((L16Y - L15y)$$

$$A_{LL} = \tan^{-1} (V_{TRO}Y / V_{TRO}X)$$

d) Angulo de la cifosis dorsal

El ángulo de la cifosis dorsal (A_{CD}) está conformado por el vector que une los puntos correspondientes al borde más posterior de la cifosis dorsal (L17) y el punto más interno de la lordosis lumbar (L16). El ángulo se calculó por funciones trigonométricas.

$$V_{CD} \rightarrow V_{CDX} = (L17x - L16x); V_{TRO}Y = ((L17Y - L16y)$$

$$A_{LL} = \tan^{-1} (V_{TRO}Y / V_{TRO}X)$$

e) Angulo de la Lordosis Cervical:

El ángulo de la lordosis cervical (A_{LC}) está conformado por el vector que une los puntos correspondientes al borde más interno de la lordosis cervical (L18) y el punto más posterior de la cifosis dorsal (L17). El ángulo se calculó por funciones trigonométricas.

$$V_{LC} \rightarrow V_{LCX} = (L18x - L17x); V_{TRO}Y = ((L18Y - L17y)$$

$$A_{LC} = \tan^{-1} (V_{TRO}Y / V_{TRO}X)$$

En el cuadro 7 se resumen las variables angulares de la vista lateral y los indicadores para su evaluación.

Cuadro 7. Los segmentos, los puntos que conforman los segmentos y los indicadores para la interpretación de las variables angulares en el plano sagital.

Variable	Segmentos y puntos de digitalización		Indicadores
Angulo de las rodilla	Muslo	Trocánter mayor (L6) - Rodilla (L4;L5)	< 180° → genu flexum =180° → normal >180° → genu recurvatum
	Pierna	Tobillo (L3) – Rodilla (L4-L5)	
Angulo del tronco	Tronco	(Supraesternal (L12); 7ª cervical (L11)) - Trocánter mayor (L6)	< 90° → flexión = 90° → neutro > 90° → extensión
	Horizontal		
Angulo lordosis lumbar	Nalga	L16 – L15	
	Lordosis lumbar		
Angulo cifosis dorsal	Cifosis dorsal	L17 – L16	
	Lordosis lumbar		
Angulo lordosis cervical	Lordosis cervical	L18 – L17	
	Cifosis dorsal		

En lo referente a las distancias de diferentes segmentos corporales a la línea vertical teniendo como referencia el punto más posterior de la cifosis dorsal (L17), a continuación se establecen los cálculos específicos.

a) Distancia horizontal del talón hasta la cifosis dorsal máxima (DHT)

La distancia horizontal del talón (DHT) será la diferencia entre la coordenada X del punto L1 y la coordenada X del punto L14 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$DHT = (L1X - L14X) * \text{escala.}$$

Si $DHT = 0 \rightarrow$ El talón está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $DHT < 0 \rightarrow$ el talón está detrás de la cifosis

Si $DHT > 0 \rightarrow$ el talón está delante de la cifosis

b) Distancia horizontal del maléolo externo hasta la cifosis dorsal máxima (DHME)

La distancia del maléolo externo (DHME) será la diferencia entre la coordenada X del punto L3 (Cuadro 4) y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$DHME = (L3X - L17X) * \text{escala.}$$

Si $DHME = 0 \rightarrow$ el maléolo externo está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $DHME < 0 \rightarrow$ el maléolo externo está detrás de la cifosis

Si $DHME > 0 \rightarrow$ el maléolo externo está delante de la cifosis

c) Distancia horizontal de la rodilla hasta la cifosis dorsal máxima (DHR)

La distancia horizontal de la rodilla (DHR) será la diferencia entre la coordenada X de la rodilla (promedio de los puntos L4 y L5) y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$DHR = (((L4X + L5x)/2) - L17X) * \text{escala.}$$

Si $DHR = 0 \rightarrow$ la rodilla está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $DHR < 0 \rightarrow$ la rodilla está detrás de la cifosis

Si $DHR > 0 \rightarrow$ la rodilla está delante de la cifosis

d) Distancia horizontal del trocánter mayor a la cifosis dorsal máxima (DHTM)

La distancia horizontal del trocánter mayor (DHTM) será la diferencia entre la coordenada X del punto L6 y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$DHTM = (L6X - L17X) * \text{escala.}$$

Si $DHTM = 0 \rightarrow$ el trocánter mayor está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $DHTM < 0 \rightarrow$ el trocánter mayor está detrás de la cifosis

Si $DHTM > 0 \rightarrow$ el trocánter mayor está delante de la cifosis

e) Distancia horizontal de la nalga a la cifosis dorsal máxima (DHTM)

La distancia horizontal de la nalga (DHN) será la diferencia entre la coordenada X del punto L15 y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$\text{DHN} = (\text{L15X} - \text{L17X}) * \text{escala.}$$

Si $\text{DHN} = 0 \rightarrow$ la nalga está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $\text{DHN} < 0 \rightarrow$ la nalga está detrás de la cifosis

Si $\text{DHN} > 0 \rightarrow$ la nalga está delante de la cifosis

f) Distancia horizontal de la lordosis lumbar a la cifosis dorsal máxima (DHLL).

La distancia horizontal de la lordosis lumbar (DHLL) será la diferencia entre la coordenada X del punto L16 y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$\text{DHLL} = (\text{L13X} - \text{L14X}) * \text{escala.}$$

Si $\text{DHLL} = 0 \rightarrow$ la lordosis lumbar está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $\text{DHLL} < 0 \rightarrow$ la lordosis lumbar está detrás de la cifosis

Si $\text{DHLL} > 0 \rightarrow$ la lordosis lumbar está delante de la cifosis

g) Distancia horizontal de la lordosis cervical hasta la cifosis dorsal máxima (DHLC)

La distancia horizontal de la lordosis lumbar talón (DHLC) será la diferencia entre la coordenada X del punto L18 y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$\text{DHLC} = (\text{L15X} - \text{L14X}) * \text{escala.}$$

Si $\text{DHLC} = 0 \rightarrow$ la lordosis cervical está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $\text{DHLC} < 0 \rightarrow$ la lordosis cervical el talón está detrás de la cifosis

Si $\text{DHLC} > 0 \rightarrow$ la lordosis cervical el talón está delante de la cifosis

h) Distancia horizontal del meato auditivo externo hasta la cifosis dorsal máxima (DHMAE)

La distancia horizontal de la lordosis lumbar talón (DHMAE) será la diferencia entre la coordenada X del punto L13 y la coordenada X del punto L17 (Cuadro 4). La fórmula matemática es:

$$\text{DHMAE} = (\text{L13X} - \text{L17X}) * \text{escala.}$$

Si $\text{DHMAE} = 0 \rightarrow$ el meato auditivo externo está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $\text{DHMAE} < 0 \rightarrow$ el meato auditivo externo está detrás de la cifosis

Si $\text{DHMAE} > 0 \rightarrow$ el meato auditivo externo está delante de la cifosis

i) Distancia horizontal del occipucio hasta la cifosis dorsal máxima (DHO)

La distancia horizontal de occipucio (DHO) será la diferencia entre la coordenada X del punto L16 (Cuadro 4) y la coordenada X del punto L14 (Cuadro 4). La fórmula matemática será:

$$\text{DHO} = (\text{L19X} - \text{L17X}) * \text{escala.}$$

Si $\text{DHO} = 0 \rightarrow$ el occipucio está a la misma distancia de la cifosis dorsal

Si $\text{DHO} < 0 \rightarrow$ el occipucio está detrás de la cifosis

Si $\text{DHO} > 0 \rightarrow$ el occipucio está delante de la cifosis

En el cuadro 8 se resumen las variables relacionadas con la distancia a la cifosis dorsal máxima así como los indicadores de evaluación.

Cuadro 8. Caracterización de las variables en el plano sagital relacionadas con la distancia a la cifosis máxima.

Variable	Segmentos y puntos de digitalización		Indicadores
Distancia al talón	Talón	L1x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia al maléolo externo	Maléolo externo	L3x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia a la rodilla	Rodilla	(L4x;L5x) - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia al trocánter mayor	Trocánter mayor	L6x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia a la nalga	Nalga	L15x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia a la lordosis lumbar	Lordosis lumbar	L16x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia a la lordosis cervical	Lordosis cervical	L18x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia al meato auditivo externo	Meato auditivo	L13x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		
Distancia al occipucio	Occipucio	L19x - L17x	< 0 → detrás de cifosis = 0 → mismo nivel cifosis > 0 → delante de cifosis
	Cifosis máxima		

2.7. Centro de gravedad y relación con la alineación postural

Un factor importante en la determinación de la simetría del cuerpo es el establecimiento de una línea de la gravedad o con una línea perpendicular al piso, la cual se obtiene colocando una plomada en la parte anterior del sujeto. Para el plano frontal, esta línea se coloca en la parte media del apoyo de los pies, pero para el plano sagital, la colocación requiere que se calcule la ubicación del centro de gravedad. El programa APIC calcula el centro de gravedad del sujeto, utilizando parámetros biomecánicos establecidos por la comunidad internacional. Una vez obtenidas las coordenadas del centro de gravedad del sujeto, se establecen las comparaciones.

2.7.1. Cálculo del centro de gravedad:

Para el cálculo del centro de gravedad se tienen en cuenta los parámetros de DeLeva (1996), los cuales se presentan en el cuadro 9. Estos parámetros implican el peso relativo de cada segmento corporal y la localización porcentual del centro de gravedad de cada segmento, también relativo a cada segmento corporal. En este sentido, una vez obtenidas las coordenadas tanto proximales como distales de cada segmento, con estos porcentajes se establece la ubicación del mismo. Con estas

coordenadas se establecen los momentos de fuerza de cada segmento y por la sumatoria de momentos, las coordenadas del centro de gravedad de todo el cuerpo.

Cuadro 9. Peso localización del vector centro de gravedad, propuestos por deLeva (1996).

Segmento	Peso de los segmentos relativo al peso total del cuerpo (% de 1)		Localización del vector CG de los segmentos corporales, expresado como porcentaje de la distancia total, a partir del punto proximal	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Cabeza-Cuello	0.0694	0.0688	59.76	58.94
Tronco	0.4346	0.4257	44.86	41.51
Brazo	0.0271	0.0255	57.72	57.54
Antebrazo	0.0162	0.0138	45.74	45.59
Mano	0.0061	0.0056	79.00	74.74
Muslo	0.1416	0.1478	40.95	36.12
Pierna	0.0433	0.0481	44.59	44.16
Pie	0.0137	0.0129	44.15	40.14

El centro de gravedad de cada segmento se obtiene mediante la siguiente matriz:

$$CS_x = Pp_x + \frac{\%CG * (Pd_x - Pp_x)}{100}; CS_y = Pp_y + \frac{\%CG * (Pd_y - Pp_y)}{100}$$

Donde,

CS_x = Coordenada del centro de gravedad del segmento en el eje X

CS_y = Coordenada del centro de gravedad del segmento en el eje Y

Pp_x = Coordenada del punto proximal del segmento en el eje X

Pp_y = Coordenada del punto proximal del segmento en el eje Y

Pd_x = Coordenada del punto distal del segmento en el eje X

Pd_y = Coordenada del punto distal del segmento en el eje Y.

El cálculo de los momentos producidos por cada segmento corporal se obtiene mediante la siguiente matriz.

$$MS_x = CS_x * PR ; MS_y = CS_y * PR$$

Donde,

MS_x = Momento del segmento en el eje X

MS_y = Momento del segmento en el eje Y

CS_x = Coordenada del centro de gravedad del segmento en el eje X

CS_y = Coordenada del centro de gravedad del segmento en el eje Y

PR = Peso relativo del segmento.

Las coordenadas del vector del centro de gravedad son la sumatoria de cada uno de los momentos de los diferentes segmentos corporales en los ejes X e Y; las ecuaciones general son:

$$CCGx = \frac{\sum_{i=1}^{14} PRi \{PPi + [\%CGi(PDi_x - PPi_x)]\}}{P}; \quad CCGy = \frac{\sum_{i=1}^{14} PRi \{PPi + [\%CGi(PDi_y - PPi_y)]\}}{P}$$

2.7.2. Variables del Plano frontal, vista frontal, y su relación con el centro de gravedad.

En este plano se establece la relación de proyección del centro de gravedad sobre la distancia horizontal de la articulación de los tobillos, sobre el pliegue intermuslo y sobre el entrecejo.

a) Proyección del centro de gravedad sobre la base de sustentación (PCGBS).

La distancia horizontal entre los maléolos externos de los tobillos es el ancho de la base de sustentación (ABS). El cálculo es:

$$ABS = (F2x - F16X) * \text{escala}$$

Se toma la distancia entre el centro de gravedad en el eje X (DCGx) y maléolo externo del tobillo derecho (F2X) y se compara con la distancia ABS, estableciendo el porcentaje al cual corresponde. El proceso matemático es:

$$DCGTDx = (CGx - F2x) * \text{escala}$$

$$PCGBS = \frac{DCGTDx}{ABS} * 100$$

donde,

PCGBS = Proyección porcentual del centro de gravedad sobre la base de sustentación

DCGTDx = Distancia horizontal (X) del centro de gravedad al tobillo derecho

ABS = Distancia horizontal entre los tobillos o ancho de la base de sustentación

Si PCGTob = 50%, → Simétrico

Si PCGTob < 50% → Desviado a la derecha

Si PCGTob > 50% → Desviado a la izquierda

b) Distancia del punto intermuslo hasta la línea de gravedad (DCGIM).

Se toma la coordenada del punto intermuslo (F31x) y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$DCGPM = (F31x - CGx) * \text{escala}$$

Si DCGIM = 0 → Centrado

Si DCGIM < 0 → Desviado a la derecha

Si DCGIM > 0 → Desviado a la izquierda

c) Distancia del punto supraesternal hasta la línea de gravedad (DCGSE).

Se toma la coordenada del punto supraesternal (F32x) y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$DCGSE = (F32x - CGx) * \text{escala}$$

- Si DCGSE = 0 → Centrado
- Si DCGSE < 0 → Desviado a la derecha
- Si DCGSE > 0 → Desviado a la izquierda

d) Distancia del entrecejo hasta la línea de gravedad (DCGEC).

Se toma la coordenada del entrecejo (F34x) y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$PCGEC = (F34x - CGx) * \text{escala}$$

- Si PCGEC = 0 → Centrado
- Si PCGEC < 0 → Desviado a la derecha
- Si PCGEC > 0 → Desviado a la izquierda

2.7.3. Variables del Plano frontal, vista posterior, y su relación con el centro de gravedad.

a) Alineación de la columna vertebral

Con base en las coordenadas obtenidas del pliegue interglúteo (P17), de la 3ª vértebra lumbar (P18), de la 10ª dorsal (P19) y de la 7ª cervical (P20), se restará la componente en X del pliegue interglúteo de las demás. En el caso de estar alineadas, la resta deberá ser cero; en caso contrario se tendrá una desviación o hacia la derecha o hacia la izquierda. El cálculo matemático es el siguiente.

Tercera vértebra lumbar:

$$P18X - P17X ,$$

- si = 0 → alineada
- si < 0 →, desviación hacia la derecha
- si > 0 →, desviación hacia la izquierda

Décima vértebra dorsal:

$$P19X - P17X ,$$

- si = 0 → alineada
- si < 0 →, desviación hacia la derecha
- si > 0 →, desviación hacia la izquierda

Séptima vértebra cervical:

$$P20X - P17X ,$$

- si = 0 → alineada
- si < 0 →, desviación hacia la derecha
- si > 0 →, desviación hacia la izquierda

2.7.4. Plano sagital y centro de gravedad

En este plano se establece la relación de proyección del centro de gravedad sobre la base de sustentación, sobre la articulación de la cadera, sobre el hombro y sobre la cabeza.

a) Proyección del centro de gravedad sobre la base de sustentación (PCGBS)

La base de sustentación es la distancia entre las coordenadas en X del punto más posterior del talón (L1) y la punta del pie (L2). El cálculo es:

$$BS = (L1x - L2x) * \text{escala}$$

La relación entre el centro de gravedad con la base de sustentación se determina calculando la distancia entre el borde posterior de la base de sustentación y la proyección del centro de gravedad sobre la misma (DTCG). Esta distancia se compara con toda la longitud de la base de sustentación y se calcula el porcentaje (PCGBS). Los cálculos son:

$$DTCGx = (CGx - L1x) * \text{escala}$$

$$PCGBS = \frac{DTCGx}{BS} * 100$$

Si PCGBS = 50%, → Central

Si PCGBS < 50% → Proyectado hacia atrás

Si PCGBS > 50% → Proyectado hacia delante

b) Distancia del trocánter mayor a la línea de gravedad (DCGTM)

Se toma la coordenada del trocánter mayor (F6x) -punto representativo de la cadera- y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$DCGTM = (F6x - CGx) * \text{escala}$$

Si DCGTM = 0 → Centrada

Si DCGTM < 0 → Retropulsión de cadera

Si DCGTM > 0 → Antepulsión de cadera

c) Distancia del hombro a la línea de gravedad (DCGH)

Se toma la coordenada del hombro (F12x) y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$DCGH = (F12x - CGx) * \text{escala}$$

Si DCGH = 0 → Centrada

Si DCGH < 0 → Retropulsión de hombro

Si DCGH > 0 → Antepulsión de hombro

d) Distancia del meato auditivo externo a la línea de gravedad (DCGMAE):

Se toma la coordenada del meato auditivo externo (F13x) –como representante de la cabeza- y se resta la coordenada en X del centro de gravedad (CGx). Los cálculos son:

$$DCGMAE = (F13x - CGx) * \text{escala}$$

Si DCGMAE = 0 → Centrada

Si DCGMAE < 0 → Retropulsión de cabeza
Si DCGMAE > 0 → Antepulsión de cabeza

2.8. Procedimiento:

- 2.8.1. Vestimenta: el sujeto a analizar se coloca, en el caso de los hombres, en traje de baño o pantaloneta tipo "chicle", con el torso desnudo y descalzo; en el caso de las damas, en traje de baño de dos piezas o pantaloneta tipo "chicle" y un estraple, descalza. En ambos casos se colocarán un gorro de baño.
- 2.8.2. Demarcación de puntos anatómicos: previamente a la toma de fotos, se demarcarán con sticks los puntos anatómicos a digitalizar. Las articulaciones del tobillo, la rodilla, el codo y la muñeca se demarcarán con bandas elásticas (Ver Figura 1).
- 2.8.3. Posición erecta: el sujeto se coloca sobre una plataforma de madera o de caucho, en la cual está demarcada la posición que deben ocupar los pies. Esta área es un cuadrado de 32 cm * 32 cm, con interlíneas cada 8 cm; en el centro se demarca otra subárea de 16cm*16cm, sobre cuyos bordes el sujeto ajusta los bordes internos de los pies. Los pies deberán estar a la misma distancia anterior y paralelos, para lo cual se coloca la cuadrícula (Ver figura 4).

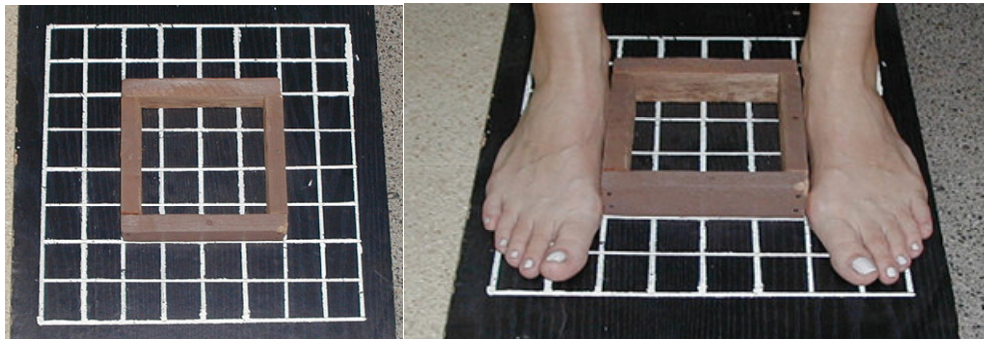


Figura 4. Plataforma de referencia y colocación de los pies sobre la misma

- 2.8.4. Posiciones de evaluación: se toman cinco fotogramas correspondientes a las vistas anterior y posterior del plano frontal; la vista izquierda y derecha del plano sagital; posición de flexión del tronco (maniobra de Adams, Figuras 1 y 2).
- 2.8.5. Posición de la cámara: la cámara se colocará sobre un trípode, a una distancia de 7 metros del sujeto y a una altura que corresponda con la mitad de su talla.
- 2.8.6. Captura de imágenes, digitalización y obtención de datos: luego de realizadas las filmaciones, se procede a la captura, digitalización y obtención de datos empleando el sistema automatizado de postura propuesto por el Autor.
- 2.8.7. Evaluación y entrega de resultados: el programa entrega un resumen de todas las variables estudiadas. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo.

Resultados del Análisis Postural

Fecha:	15 de agosto de 2007
Nombre:	NN
Sexo:	Femenino
Edad:	33
Masa:	56,0
Lateralidad:	Derecho
Deporte:	Trote

VISTA FRONTAL		
Cabeza: Angulo	93	centrada
Hombros: Diferencia de Altura	5	izq alta
Tronco: Angulo	90	centrado
Caderas: Diferencia de Altura	13	izq alta
Rodilla derecha: Angulo	175	normal
Rodilla Izquierda: Angulo	174	vario
Rotula derecha	-4	Rot Externa
Tibia derecha	19	Rot Interna
Torsión femoral derecha	4	Rot Externa
Rótula izquierda	-5	Rot Interna
Tibia izquierda	-12	Rot Interna
Torsión femoral izquierda	5	Rot Externa
Angulo Q derecho	11	normal
Angulo Q izquierdo	23	Incrementado

Desviación puntos centrales con relación al CG		
Intermuslo	-3	desv.der
Entrecejo	-8	desv.der
Supraesternal	1	desv.izq
Centro de gravedad (%)	51	desv derecha
Línea media (mm)	4	desv derecha

LATERAL DERECHA		
Angulos	Valor	Descripción
Tronco	91	Extensión
Lordosis cervical	73	Aplanada
Cifosis Dorsal	78	Normal
Cifosis Dorsal	209	Normal
Lordosis lumbar	65	Aumentada
Lordosis lumbar	217	Aumentada
Rodilla	192	Recurvatum

Desviación con respecto al punto de cifosis máxima		
Distancia al talón	33	
Distancia al maléolo externo	89	
Distancia de la rodilla	51	
Trocanter mayor	98	
Nalga	-37	Tronco adelantado
Distancia de la lordosis lumbar	47	normal
Distancia de la lordosis cervical	52	
Meato Auditivo Externo	94	
Occipucio	-9	

Desviación con respecto a la línea de gravedad		
Trocanter mayor	5	antepulsión
Rodilla	-41	retropulsión
Hombro derecho	15	antepulsión
Meato auditivo externo	1	centrado
% ubicación CG	23	

Centro de gravedad			
Frontal	52	0	desv derecha
Lateral	30	7	posterior

Todas las medidas están dadas en milímetros y los ángulos en grados

VISTA POSTERIOR		
Cabeza: Angulo	93	centrada
Hombros: Diferencia de Altura	-5	der alta
Tronco: Angulo	89	centrado
Caderas: Diferencia de Altura	-3	der alta
Angulo Costoabdominal-codo	-1	desv izq
Angulo Costoabdominal-altura	-19	izq mas alto
Tobillo Derecho	95	valgo
Tobillo Izquierdo	80	valgo
Talla	1,59	metros
Diferencia Alturas Dorso	0	iguales
Angulo del Dorso	0	

Desviación puntos centrales con relación al CG		
Desviación 7Cervical	-7	desv.izq
Desviación 10 Dorsal	7	desv.der
Desviación Intergluteo	-2	desv.izq
Centro de gravedad (%)	52	centrado
Línea media (mm)	5	centrado

LATERAL IZQUIERDA		
Angulos	Valor	Descripción
Tronco	90	Extensión
Lordosis cervical	71	Aplanada
Cifosis Dorsal	85	Aplanada
Cifosis Dorsal	204	Aplanada
Lordosis lumbar	71	Normal
Lordosis lumbar	203	Normal
Rodilla	188	Recurvatum

Desviación con respecto al punto de cifosis máxima		
Distancia al talón	-9	
Distancia al maléolo externo	37	
Distancia de la rodilla	35	
Trocanter mayor	89	
Nalga	-42	Tronco adelantado
Distancia de la lordosis lumbar	19	Aumentada
Distancia de la lordosis cervical	56	
Meato Auditivo Externo	107	
Occipucio	-5	

Desviación con respecto a la línea de gravedad		
Trocanter mayor	8	antepulsión
Rodilla	-45	retropulsión
Hombro izquierdo	-1	centrado
Meato auditivo externo	27	antepulsión
% ubicación CG	36	

Tabla 1. Resultados de la evaluación postural mediante el sistema APIC.

BIBLIOGRAFIA

ALLARD, P., BLANCHI, J.O., y AISSAQUI, R. (1997). Three dimensional analysis of human movement. Ed.: Paul Allard, Jean P. Blanchi.

CAILLIET, R. (1984). Síndromes dolorosos: Rodilla. México: Manual Moderno.

_____. Síndromes dolorosos: Dorso. México: Manual Moderno

_____. Síndromes dolorosos: Hombro. México: Manual Moderno

_____. Síndromes dolorosos: Tobillo. México: Manual Moderno

De LEVA. (1996). Adjustements to Zatsiorsky-Seulyanov´s segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*. 29 (9), 1223-1230

DRAN, G. (1979). Etude radiologique et clinique des courbures sagitales des segments thoracique et lombo-sacré de la colonne vertébrale (à partir del l`examen de 50 hommes de 20 à 30 ans. Thèse Méd., Lyon, citado por Dufour y col, Kinesioterapia 4.

DUFOUR, M., PENINOU, G., NEIGER, H., GENOT, C., LEROY, A., PIERRON, G., y DUPRE, J.M. (1988). Kinesioterapia 4: Tronco y Cabeza. Panamericana: Junin 831, Buenos Aires.

DUFOUR, M., PENINOU, G., NEIGER, H., GENOT, C., LEROY, A., PIERRON, G., y DUPRE, J.M. (1988). Kinesioterapia 2: Miembros inferiores. Panamericana: Junin 831, Buenos Aires.

GERSTNER, J. (1989). Manual de semiología del aparato locomotor. Cali: ASPROMEDICA.

KAPANDJI. 2002. Cuadernos de Fisiología Articular. Ed. Masson, S.A.

NORKIN, C.C, y LEVANGIE, P.K. (1992). Join Structure and Funtion: A comprehensive analysis. Davis Company: Philadelphia. Pg, 426- 445.

STAGNARA, P. (1987). Deformaciones del Raquis. Ed. Masson, S.A.