

## **ANÁLISIS ANGULAR DE LAS DIFERENTES POSICIONES CORPORALES DE TRES TAMAÑOS DE CUERPOS CUANDO SE MODIFICA LA RELACIÓN HUELLA-CONTRAHUELLA DE UNA ESCALERA**

**Arq. Giraldo Vásquez Natalia (1); Arq. Gaviria Gómez Luis Esteban (2); Arq.  
Martínez Berrio Johnathan Andrés (3); Arq. Uribe Dios María del Pilar (4)**

(1) Facultad de Arquitectura – Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín – e-mail:

[natiusk22@hotmail.com](mailto:natiusk22@hotmail.com)

(2) Facultad de Arquitectura – Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín – e-mail:

[luisgaviria@convel.com](mailto:luisgaviria@convel.com)

(3) Facultad de Arquitectura – Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín – e-mail:

[jamartín@unal.edu.co](mailto:jamartín@unal.edu.co)

(4) Facultad de Arquitectura – Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín – e-mail:

[mduribe@unal.edu.co](mailto:mduribe@unal.edu.co)

### **RESUMEN:**

Cuando se usa una escalera, el cuerpo debe realizar movimientos que exigen equilibrio, fuerza y estabilidad; aspectos todos que se ven afectados por la relación entre la huella y la contrahuella de la esta. Este trabajo analiza las diferentes posturas de tres cuerpos, tanto en el ascenso como en el descenso en dos configuraciones diferentes de la relación huella-contrahuella, a través de la medición de los ángulos de esfuerzo y equilibrio formados por el cuerpo en pierna-muslo y balanceo del tronco. Los resultados parciales muestran la variabilidad de esta proporción con respecto a las características físicas de los usuarios y, las consideraciones dejan abiertas las puertas a futuras investigaciones en pro de los elementos de la arquitectura y los procesos proyectuales.

### **ABSTRACT:**

When stairs are used the body must make movements that require balance, strength and stability; aspects which have to do all of them in great measure with the relation between the tread and riser of the stair. This workshop analyzes the different postures of three bodies, as much in the ascent as well in descent in two configurations different from the relation tread-riser, through the measurement of the angles of effort and balance formed by the body in leg-thigh and balance of the trunk. The partial results show the variability of this proportion with respect to the physical characteristics of the users and, the considerations leave the doors open to future investigations in pro ofr the elements of the architecture and the drawing-up processes open.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Esta investigación ha sido desarrollada como un módulo de fin de curso de pregrado, en el cual se presenta la antropometría como herramienta potencial para el diseño arquitectónico y como un importante punto de reflexión acerca de las relaciones físicas del hombre con los espacios en los cuales vive y los elementos arquitectónicos con los que interactúa. El punto de reflexión de este trabajo de investigación es la escalera y la manera como esta modifica las posturas de sus diferentes usuarios.

La escalera es uno de los tantos elementos de la arquitectura que es indispensable para acceder y comunicar espacios que se encuentran en diferentes niveles. Su diseño y relación de las proporciones de sus dos componentes fundamentales (huella y contrahuella), parte no solo de esta premisa y de una exploración estética, afecta directamente las posturas del cuerpo de sus usuarios, ya sea en el hecho de ascender o descender por ella; debido a lo anterior, es importante preguntarse entonces por la seguridad y comodidad de quienes la utilicen, además del espacio y frecuencia con que lo hacen.

Este trabajo examina las posturas de tres cuerpos, tanto en el ascenso como en el descenso en dos configuraciones diferentes de la relación huella-contrahuella: 25cm x 20cm y 37cm x 20cm, a través de la medición de los ángulos formados por el cuerpo en pierna-muslo (ángulo  $\alpha$ ) y balanceo del tronco (ángulo  $\beta$ ).

Los resultados obtenidos muestran como cada cuerpo sube y baja de manera distinta la escalera, situación que se hace evidente cuando se modifica la relación huella-contrahuella; variando así mismo los dos tipos de ángulos evaluados en las dos proporciones ya mencionadas: los ángulos pierna-muslo (ángulo  $\alpha$ ) y balanceo del tronco (ángulo  $\beta$ ). (Figura 2.)

El objetivo principal de esta investigación, es conocer estas dos relaciones angulares en diferentes cuerpos y verificar sus variaciones cuando se modifican las proporciones de esta relación huella-contrahuella, en busca de una mayor comodidad y seguridad para los usuarios, resultados de sus posturas al usar las escaleras.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

En el predimensionamiento de las escaleras, existe más que una norma, una “tradición” que nos ha llevado a aceptar la fórmula 2 contrahuellas + 1 huella = 61-64 cm<sup>1</sup> como correcta y única. Existen textos que analizan esta proporción y la confrontan con el gasto calórico<sup>2</sup>, pero no contemplan las posturas que adoptan los diferentes cuerpos de los usuarios al subir o bajar por las escaleras.

Debido a lo anterior, es importante pensar en como la escalera afecta la seguridad y la comodidad de quienes la usan, puesto que en ella se involucran muchas variables: ya sea desde las características físicas de sus usuarios, el espacio al cual sirven y la frecuencia de uso, hasta el tipo de calzado; aspectos todos que pueden determinar la conveniencia o no de determinada relación huella-contrahuella en función del bienestar de las personas.

## **3. METODOLOGIA**

La toma de datos, registro fotográfico e interpretación de los mismos, fueron realizadas durante el transcurso del año 2.006, como modulo de investigación de preparado de la línea de profundización de Proyecto Tecnológico, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

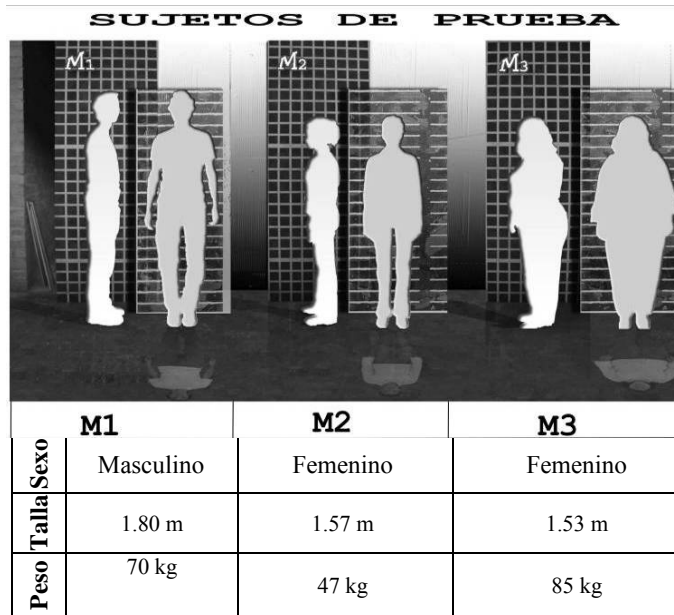
El análisis fue realizado con tres sujetos de prueba de diferente sexo, talla y peso<sup>3</sup> en las dos proporciones huella-contrahuella mencionadas, subiendo y bajando las escaleras en condiciones normales (sin paquetes). (Figura 1.)

---

<sup>1</sup> Enciclopedia Microsoft Encarta ® 2007

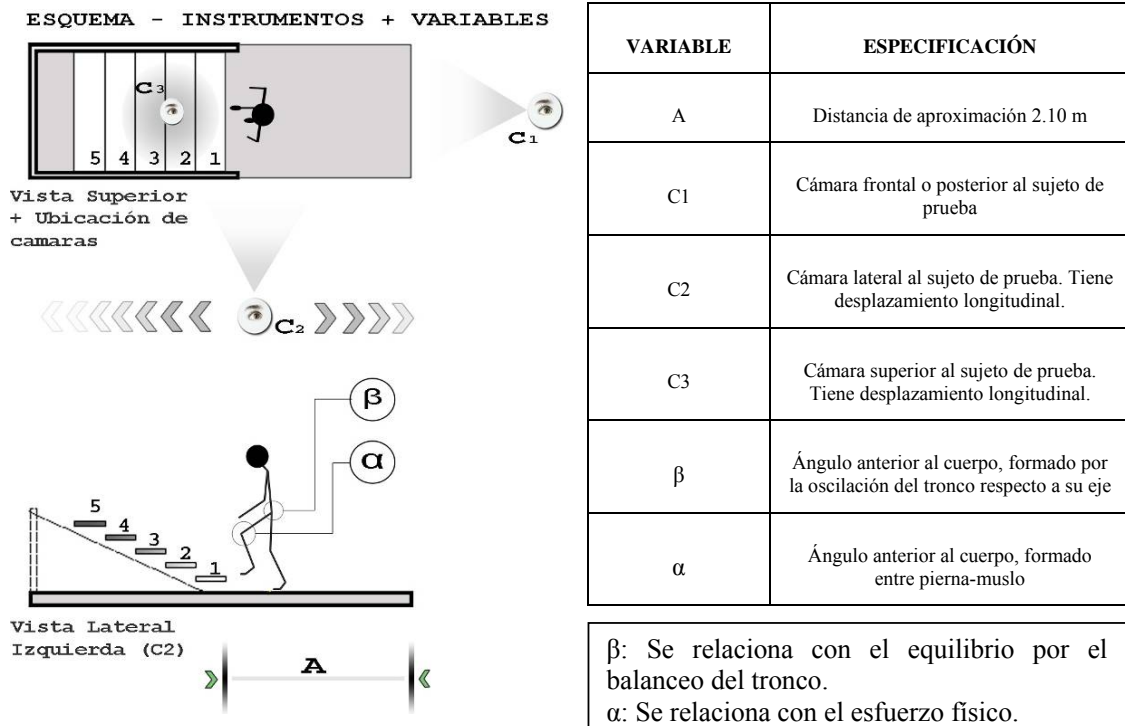
<sup>2</sup> NEUFERT. (1984). Arte de proyectar en arquitectura, Gustavo Gilli 13ª edición., Barcelona, 155 p.

<sup>3</sup> ÁVILA, Rosalío; PRADA, Lilia y GONZÁLEZ, Elvia. (2001). Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana. Centro de investigaciones en ergonomía, México, 207 p.



**Figura 1. Sujetos de prueba**

La toma de datos se realizó ubicando tres cámaras de video en cada uno de los ejes espaciales:  $x= C1$ ,  $y= C2, z= C3$  y desplazando dos de ellas ( $y, z$ ) de tal modo que se mantuviera un control visual sobre el individuo y el módulo de escaleras; de estos videos se extrajeron las imágenes para la visualización de los movimientos de cada cuerpo en cada peldaño. (Figura 2.)



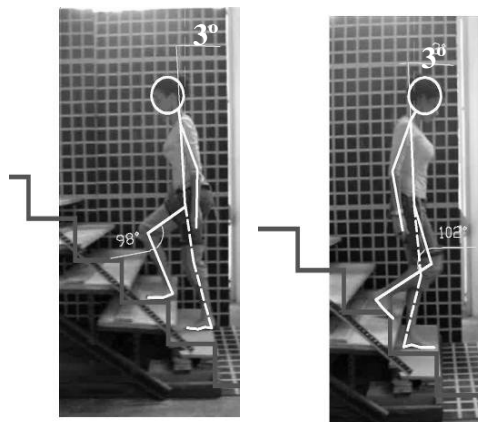
**Figura 2. Ubicación de cámaras para toma de datos y variables analizadas.**

Cuando una persona sube o baja las escaleras, los músculos de su cuerpo se ven sometidos a diversos esfuerzos físicos y exigencias de equilibrio; en este caso, se definen algunos ángulos que se relacionan directamente con algunas partes del cuerpo.

Para la evaluación de los ángulos de esfuerzos y equilibrio que inciden en los músculos y esqueleto de cada uno de los sujetos de prueba, se realizó el ensayo de subir y bajar las escaleras en dos proporciones huella-contrahuella:

1. 25cm x 20cm
2. 37cm x 20 cm.

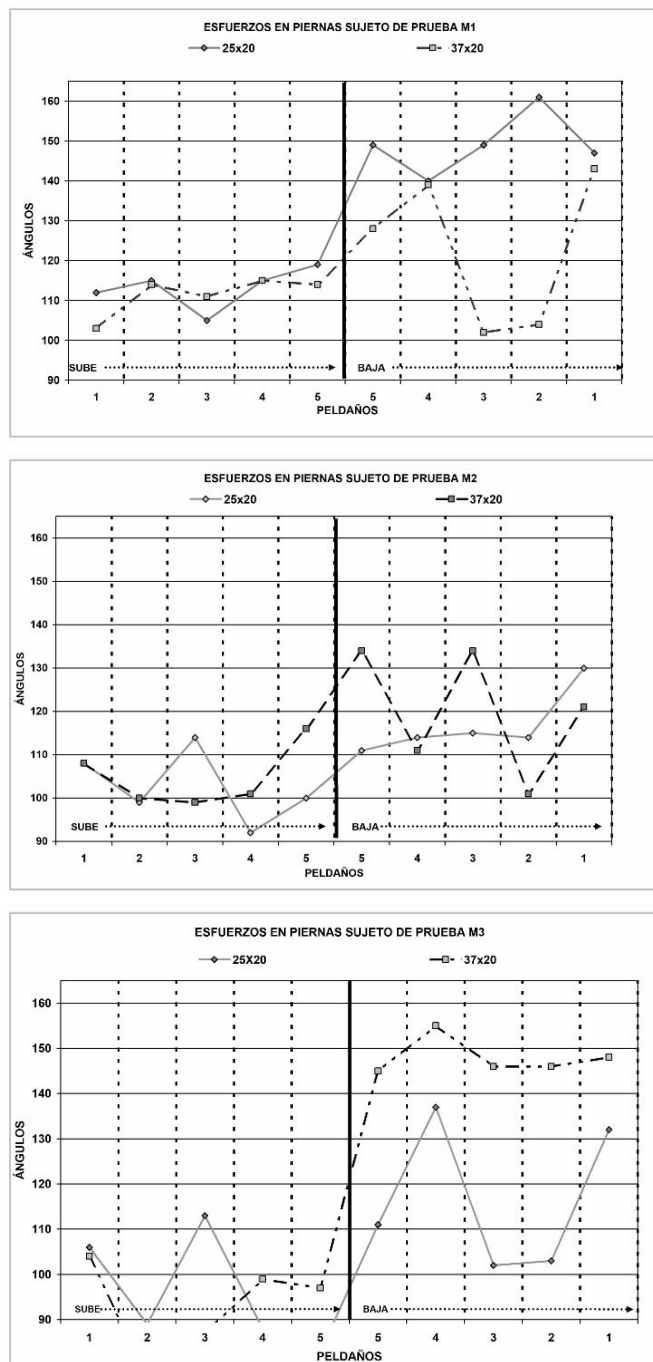
Después de tomar todos los datos se proyectó la figura humana en segmentos lineales para cada uno de los ensayos con cada sujeto de prueba, se identificaron los ángulos que realiza el cuerpo, tanto en piernas al flexionarlas y extenderlas ( $\alpha$ ) y en el balanceo del tronco ( $\beta$ ). (Figuras 2 y 3.)



**Figura 3. Figura humana en segmentos lineales .Balanceo del tronco con respecto al eje vertical +3° hacia delante (izquierda), -3° hacia atrás (derecha)**

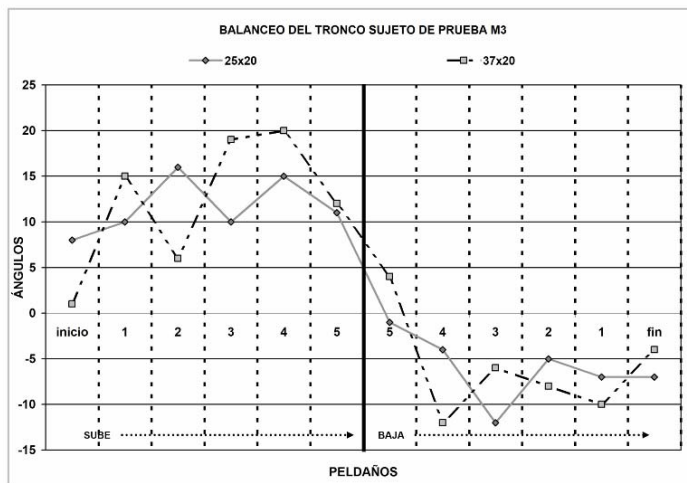
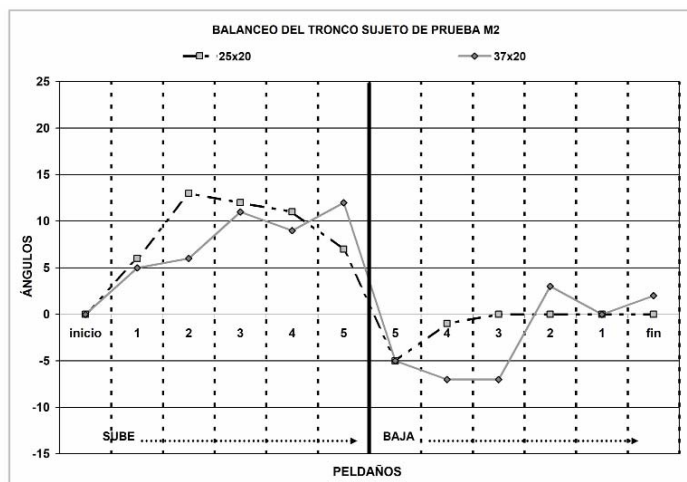
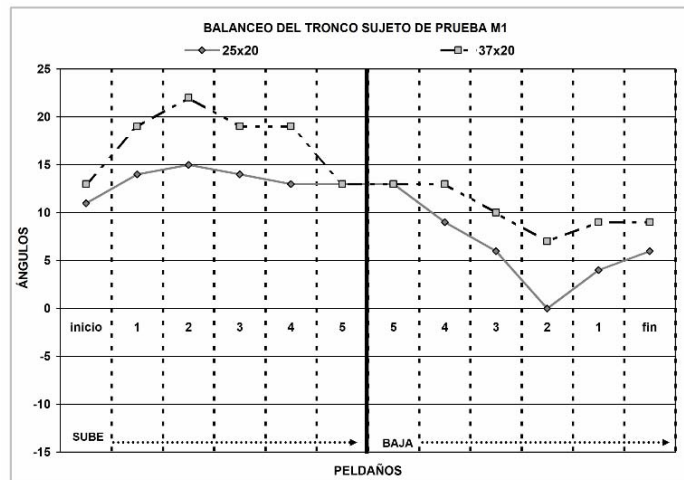
#### 4. RESULTADOS PARCIALES

Para llevar los ángulos a términos afines con el diseño de la relación huella-contrahuella y su correspondencia antropométrica, estos serán nombrados como: ángulos de esfuerzos físicos ( $\alpha$ ) los realizados por las extremidades inferiores y ángulos de seguridad ( $\beta$ ) realizados por el balanceo del tronco. A partir de esto, observamos que al subir, cuando el sujeto de prueba alcanza en las piernas ángulos  $\alpha$  inferiores a 90° (agudos) su esfuerzo es mayor que si los ángulos  $\alpha$  alcanzados, sobrepasan los 90° (obtusos). De igual manera al bajar, los ángulos que implican menos esfuerzo son los que sobrepasan el ángulo  $\alpha$  de 90° (obtusos) y los de mayor esfuerzo son los menores a 90° (agudos). Estos ángulos  $\alpha$  se ven afectados por el apoyo plantar (área de huella ocupada por el pie), ya que cuando esta disminuye, la palanca que debe hacer la pierna para ascender es mayor, los ángulos son menores y el esfuerzo aumenta (por ello se considera una relación inversamente proporcional). (Figura 2.)



**Gráfico 1. Ángulos de esfuerzo físico en las dos relaciones huella-contrahuella para cada sujeto de prueba**

A diferencia de los ángulos de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ), los ángulos de equilibrio del tronco ( $\beta$ ) son ejecutados para garantizar la estabilidad del cuerpo al subir o bajar por las escaleras, estos son el resultado de una oscilación que va desde ángulos positivos cuando la inclinación es hacia delante y negativos cuando es hacia atrás. (Figura 3.).



**Gráfico 2. Ángulos de equilibrio en las dos relaciones huella-contrahuella para cada sujeto de prueba**

Se verificó que la contrahuella está relacionada con el esfuerzo del usuario para subir o bajar por las escaleras mientras que, la huella incide directamente en la seguridad del mismo al ejecutar las mismas acciones. Debido a esto, se pudo observar también que a los factores ESFUERZO/CONTRAHUILLA y SEGURIDAD/HUELLA, se les suma los mencionados anteriormente: FLEXO-EXTENSIÓN DE

PIERNAS y BALANCEO DEL TRONCO, respectivamente, resultando de esto las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{CONTRAHUELLA + FLEXO-EXTENSIÓN DE PIERNAS} &= \text{ESFUERZO FÍSICO} \\ \text{HUELLA + BALANCEO TRONCO} &= \text{SEGURIDAD} \end{aligned}$$

## 5. COMPARACIONES Y CONCLUSIONES PARCIALES

A partir de las medidas de los ángulos pierna-muslo (ángulo de esfuerzo físico  $\alpha$ ) y balanceo del tronco (ángulos de equilibrio  $\beta$ ), en tres cuerpos que usan dos escaleras con relación huella-contrahuella en dos proporciones (que mantienen la contrahuella constante), se observó que:

-La distancia de aproximación a la escalera (A) (Figura 2), influye en el primer ángulo de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ) de cada sujeto de prueba al subir o al bajar por las escaleras (Grafico 1)

-La estatura del usuario, determina el ángulo de cada miembro para subir y bajar las escaleras; al tener una mayor longitud en estos, los ángulos de esfuerzo ( $\alpha$ ) tienden a ser más obtusos que agudos, haciendo un menor esfuerzo en esta actividad.

-Los ángulos de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ) más abiertos se encuentran al bajar, principalmente en el peldaño anterior al nivel del piso, esto debido a que se da un paso mas largo que los siguientes.

-En ambas relaciones, el M1 es quien presenta los mayores ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ) al bajar (no hay ángulos negativos); mientras que M2 y M3 tienden a inclinar el tronco hacia atrás.

-En el peldaño más alto (5) y en el más bajo (1), se presentan los ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ) negativos más cercanos a 0, mientras que en los peldaños intermedios, están los ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ) menores (negativos); por lo cual la tendencia en los peldaños mencionados es a mantenerse en el eje vertical del cuerpo o el balanceo es muy poco.

- En la relación 25cm x 20cm, M2 al bajar, tiende a mantener el tronco con una inclinación de 0° (ángulo  $\beta$ ), pero los brazos están bastante hacia atrás, situación similar en la relación 37cm x 20cm, pero con ángulos de equilibrio ( $\beta$ ) negativos.

-Cuando el cuerpo ejecuta la acción de subir por las escaleras, los ángulos de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ) realizados, son mucho más exigentes que los ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ); de manera inversa, los ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ) descritos al bajar son más exigentes que los ángulos de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ) realizados por las piernas (Grafico 1 y 2).

-Considerando otras situaciones de los sujetos de prueba (como peso de carga, evacuación, etc.) al ascender o descender por las escaleras, la mayor exigencia se realiza sobre la espalda.

-Cada componente de la escalera, tiene incidencia directa sobre uno de los ángulos analizados; mientras que la huella afecta los ángulos de equilibrio tronco ( $\beta$ ), la contrahuella incide sobre los ángulos de esfuerzo físico muslo-pierna ( $\alpha$ ), por ello es importante analizar las proporciones entre estos dos elementos de las escaleras desde las posturas que adquiere el cuerpo al ascender o descender por éstas.

- Manteniendo constante la dimensión de la contrahuella, las posturas del cuerpo se parecen, sin importar la talla, mientras que, no siempre la mayor huella significa más comodidad.

## **6. RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES**

-Las dos variables en las que se enfatiza este informe, no son las únicas que necesitan ser evaluadas para obtener una mayor comodidad y seguridad de los usuarios; es de resaltar otras que afectan estos dos últimos factores como lo son: el ancho de las escaleras, las texturas utilizadas, la presencia o no de pasamanos, el tipo de calzado de los usuarios, apoyo plantar; variables que modifican los ángulos descritos por el cuerpo y por ende las posturas del mismo.

-Es importante considerar como parte de las escaleras la distancia de aproximación (A) (Figura 2) y su incidencia en la comodidad de las posturas del cuerpo, haciendo evaluaciones sobre la cantidad de pasos convenientes que se deben dar, ya sea al iniciar o al finalizar el ascenso o descenso por las escaleras.

-Conocer el tipo de usuario predominante de las escaleras es igualmente importante, ya que sus proporciones antropométricas van a determinar la relación de la huella-contrahuella, lo cual ayudará a disminuir los esfuerzos, tanto en columna como en piernas, al usar las escaleras (por ejemplo; las escaleras de una guardería, de un edificio de oficinas, de emergencia, de una casa de personas adultas, etc).

Aparecen entonces más preguntas, que sugieren ampliar los alcances de la investigación y considerar mas variables que permitan obtener resultados medibles y comparables con otros modelos, además de hacer aportes al diseño arquitectónico y espacial de la escalera.

-¿Se puede pensar entonces en el diseño de una relación h-ch para subir y otra para bajar?

-¿Todos los peldaños en un tramo de escaleras deben ser iguales?

-¿Es posible que el rango angular cómodo, tanto para piernas y tronco, determine la relación h-ch?

-¿Se tiene alguna consideración en el diseño de escaleras sobre el usuario predominante y sus características antropométricas?

Es importante reconocer que las consideraciones arrojadas por este trabajo, son inquietudes que abren más posibilidades para seguir investigando sobre la escalera y sus relaciones con el cuerpo humano, con la cotidianidad y los métodos de investigación proyectual, en los cuales el hombre es el sistema de verificación del bienestar proporcionado.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÁVILA, Rosalío; PRADA, Lilia y GONZÁLEZ, Elvia. (2001). Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana. Centro de investigaciones en ergonomía, México, 207 p.

ESTRADA, Jairo. Ergonomía. (2000). Universidad de Antioquia, 2ª edición, Medellín, 281 p.

NEUFERT, Ernst (2006). Arte de proyectar en arquitectura, Gustavo Gili 15ª edición, Barcelona, 672 p.