

8.4 Propuesta preliminar de modelo para descripción del Movimiento Visual¹.

Los procedimientos descritos a seguir poseen el propósito de formular una metodología cuantitativa para describir y analizar, de modo comparativo, el movimiento visual contenido en una secuencia dada de cuadros. Como se verá, todos los pasos del modelo se fundamentan en la definición del cuadro de referencia, base para las mediciones de las variables área, velocidad y aceleración, a partir de las cuales proponemos el uso de parámetros adimensionales para evaluación de la cantidad de movimiento visual de una determinada superficie sobre el cuadro.

El análisis empieza por la identificación del patrón de flujo óptico para a seguir proponer una representación gráfico numérica para el movimiento visual de las superficies que, presentes en el patrón de flujo previamente clasificado, presentan instantes de sincronismo sonoro - visual.

Un análisis más detallado de los datos proporcionados por la representación del patrón de flujo óptico cumple con el objetivo preliminar de identificar a algunas de las variables de la organización del movimiento visual en el cuadro:

- Área de la superficie delimitada en el flujo con relación al cuadro (**A**)
- Velocidad con relación al cuadro (**V**)
- Aceleración con relación al cuadro (**a**)

¹ Formulado con la colaboración del matemático Rodrigo Leonardi

La identificación y medición de estas variables del desplazamiento de las superficies visuales, juntamente con el trazado de la trayectoria, permiten identificar y clasificar, en el desplazamiento de las superficies visuales, calidades - límites de movimiento - considerándolos como factores básicos de una organización del movimiento visual.

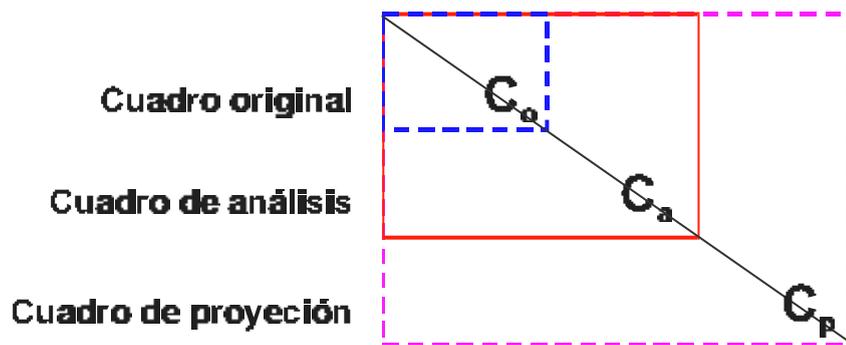
La proposición de parámetros adimensionales para describir a estas variables del movimiento visual a lo largo de una o más cadenas audiovisuales busca, en parte, superar el problema, ya apuntado, que representa la elección de las unidades arbitrarias de medida del tiempo y espacio, además de evitar, con éxito, la complicación adicional que representaría la introducción de la variable "formato de proyección del cuadro original".

De este modo, intentamos simplificar e integrar la lectura de las variables área (**A**), velocidad (**V**), aceleración (**a**), expresándolas a través de parámetros de valores absolutos, situados entre cero y uno, comparables entre sí, que no dependan de las referencias arbitrarias adoptadas para la medición.

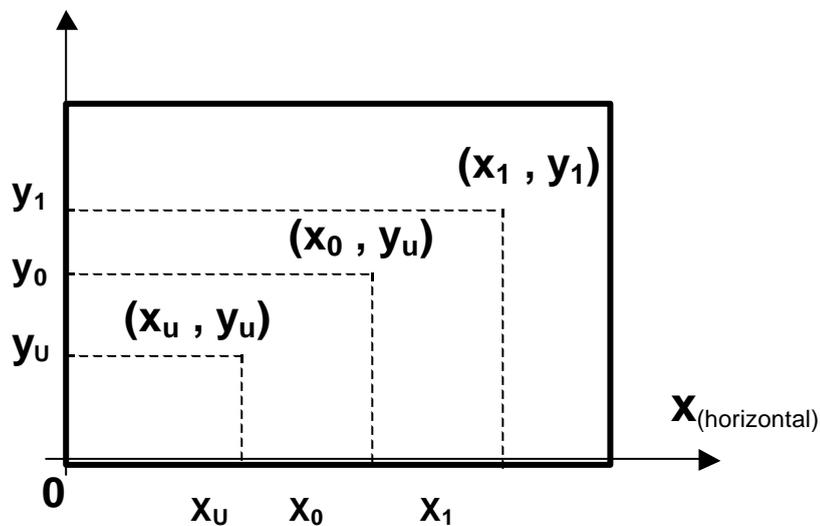
Como veremos adelante, estos parámetros repercuten, por supuesto, una métrica sencilla, basada en valores del flujo, que pretende ser útil a la determinación de movimientos lentos y movimientos rápidos y a la detección de límites de movimiento.

8.4.1 El cuadro de referencia

Para describir formalmente a los aspectos materiales del patrón de flujo óptico en una secuencia de cuadros, adoptaremos un cuadro C_a cualquiera, suponiendo que éste sea proporcional al formato original C_o y al formato de proyección C_p . Posteriormente cabrá verificar a los posibles efectos perceptivos en función de la variación en las dimensiones y formatos del cuadro de producción y proyección.

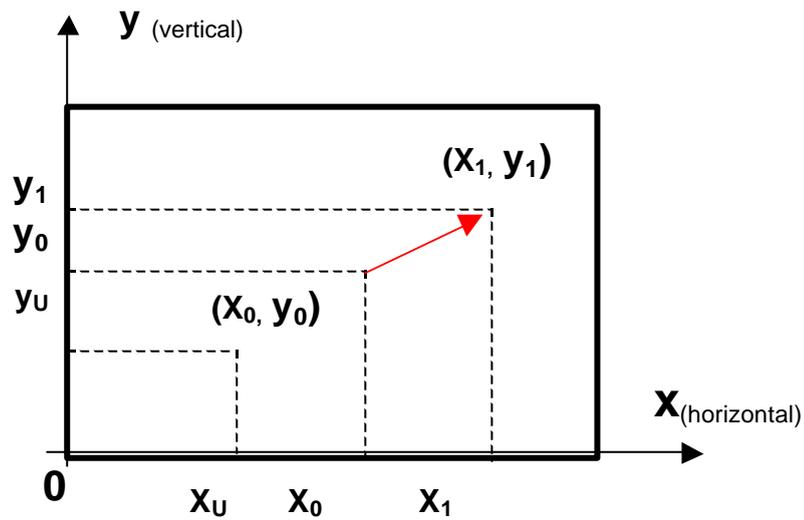


Sobre este cuadro proporcional construiremos un sistema de coordenadas bidimensional, como el abajo indicado:



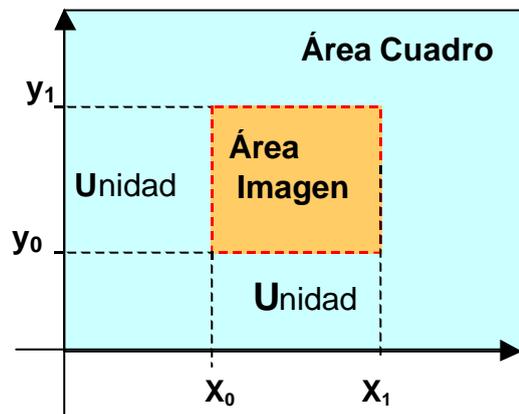
8.4.2 Determinación de las variables del movimiento visual

Consideremos un punto cualquiera en el diagrama de representación del patrón de flujo óptico. Para efecto de cálculo de las variables mencionadas adoptaremos el valor **0** (cero) como el origen arbitrario de los ejes X e Y, y **U** como una unidad genérica de medida de la distancia del desplazamiento de un punto cualquier desde las coordenadas X_0, Y_0 hasta las X_1, Y_1 durante el intervalo de tiempo t_0, t_1 .

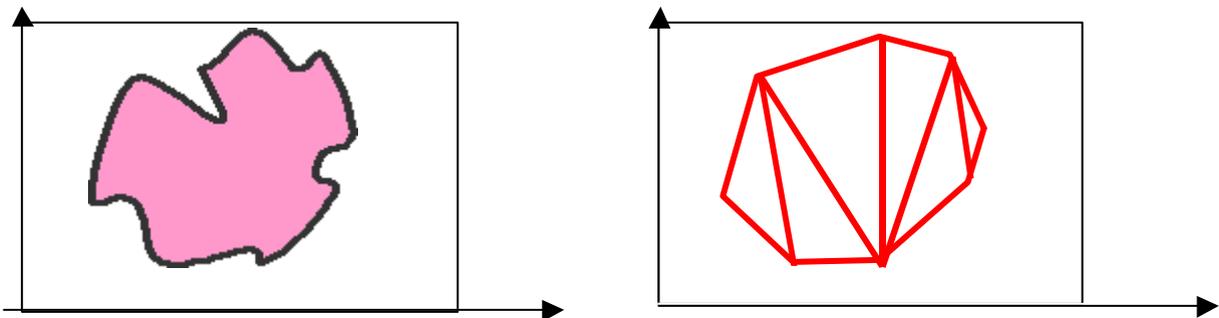


8.4.2.1. Determinación del área (A)

A continuación, implementamos una representación del cuadro que permite aislar (delimitar) una región, el área **A**, ocupada por una imagen **I**, con relación al cuadro de análisis **C_a**.



La unidad de medida de la variable **Área (A)** será, por lo tanto, expresada como $U^2 = U.U$. En muchos casos, para objetos de contorno irregular, será necesario utilizar aproximaciones geométricas, como en el ejemplo abajo:



8.4.2.2. Parámetro de área ($P_{\text{Área}}$)

El parámetro de área intenta representar, en valores absolutos, la relación entre el área ocupada por una superficie en un determinado instante de tiempo y el área total del cuadro, obtenido a través de la división del área total del cuadro ($A_{\text{cuadro de análisis}}$) por el área ocupada por una determinada superficie o conjunto de superficies que se desplazan sobre el cuadro ($A_{\text{rea superficie}}$), conforme la ecuación abajo:

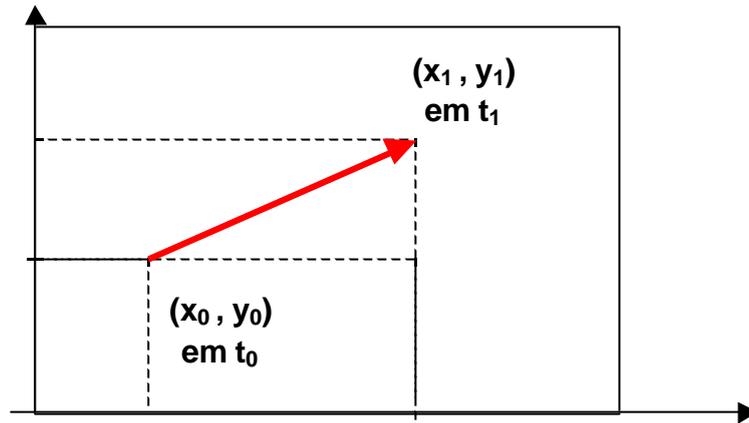
$$\text{Parámetro de Área} \quad P_{\text{Área}} = \frac{A_{\text{rea superficie}}}{A_{\text{rea cuadro referencia}}}$$

El parámetro de área no depende así de eventuales variaciones en las dimensiones del formato original de producción o de proyección. Visa proporcionar indicadores comparativos útiles para evaluar la variación en las dimensiones relativas de una o más superficies visuales, en una secuencia de cuadros.

Un valor del parámetro de área próximo al cero, por ejemplo, indicaría que la superficie no está presente, o entonces ocupa una región muy reducida en el espacio total del cuadro. Mientras que, un valor próximo al uno revelaría que el objeto ocupa una región próxima o equivalente al área total del cuadro.

8.4.2.3. Determinación de la Velocidad (V)

En términos físicos, la velocidad media de un punto cualquier del diagrama de flujo puede ser representada por el producto de la división de la variación en su posición en un intervalo de tiempo determinado, conforme el diagrama de medición y la fórmula cálculo presentados a continuación.



$$V = \frac{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}}{t_1 - t_0}$$

Suponiendo $t_1 > t_0$, adoptaremos como unidad de tiempo **cuadros por segundo**. A lo mejor, nos interesará sobre todo medir valores de **Velocidad** para t_1 próximos de t_0 (en nuestra unidad de referencia, valores próximos a 1 cuadro - un intervalo entre 1/25 y 1/30 s, respectivamente 0,04 segundos y 0,03 segundos). Caso contrario, los datos obtenidos corresponderán al de la **Velocidad media**. En cualquiera de los casos, importa principalmente implementar procedimientos que permitan detectar la ocurrencia de cambios en los valores de velocidad y / o posición – límites de movimiento – a fin de representarlos numérica y gráficamente.

8.4.2.4. Parámetro de Velocidad ($P_{\text{Velocidad}}$)

El parámetro de velocidad pretende establecer una referencia válida y sencilla para evaluar la velocidad de desplazamiento de una superficie determinada y delimitada en el patrón de flujo óptico de una secuencia de cuadros. Toma por base, un procedimiento comparativo simple, que consiste en tener como referencia el valor de la velocidad máxima, conforme la ecuación abajo:

$$\text{Parámetro de Velocidad } P_{\text{Velocidad}} = \frac{V_{\text{superficie}}}{V_{\text{máxima}}}$$

Teóricamente, la velocidad máxima absoluta de desplazamiento de una superficie visual sobre el cuadro puede ser determinada a través de una simulación hipotética, como la realizada en el apartado siguiente. Empíricamente, en el análisis de mensajes audiovisuales concretas, argumentaremos en favor del empleo de los valores máximos de la velocidad relativos – o sea, que los valores máximos encontrados en el conjunto de un mensaje sean considerados como referencias para la determinación del parámetro de velocidad.

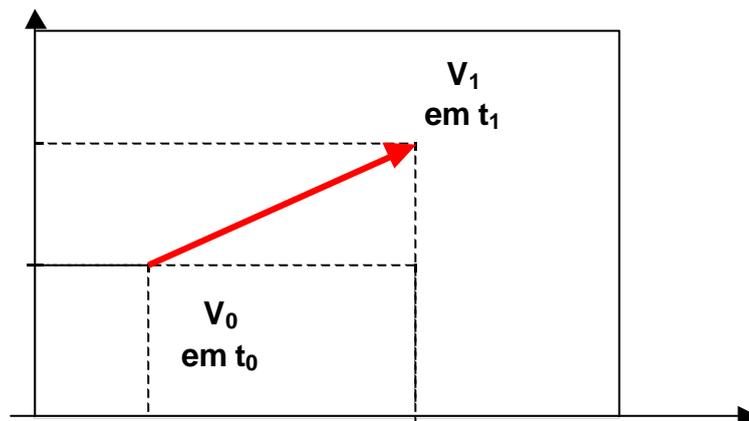
En cualquier caso, el parámetro de velocidad define, en valores adimensionales, un intervalo entre 0 y 1, expresión comparativa de las diferentes velocidades de desplazamiento de las superficies visuales en una secuencia determinada de cuadros.

Siendo así, es posible considerar que la obtención de parámetros de velocidad próximos al cero corresponden a valores nulos de velocidad de desplazamiento o muy distantes de la velocidad máxima (teórica o empírica).

Mientras que, valores de parámetro próximo al uno indican que el objeto se desplaza a una velocidad próxima al valor máximo considerado. La inexistencia de tal parámetro, a su turno, podría indicar también que el objeto aún no está presente o ya se ha ido de la superficie del cuadro, o sea, que no posee el parámetro área.

8.4.2.5. Determinación de la aceleración (a)

Decurrente de la definición anterior, la aceleración de una superficie refleja la variación de la **Velocidad** durante un intervalo de tiempo determinado, conforme el diagrama de medición y la fórmula de cálculo presentados a continuación.



$$a = \frac{V_1 - V_0}{t_1 - t_0}$$

Se observa que, si no ocurren cambios en la velocidad de desplazamiento del objeto, ($V_1 = V_0$), la aceleración será nula ($a=0$). En términos de movimiento, es posible considerar dos situaciones básicas:

- a. Se trata de un objeto o superficie inmóvil

- b. Se trata de un objeto o superficie que se desplaza a una velocidad constante

Los casos en los cuales la velocidad de desplazamiento de las superficies visuales sufre variación, presentando una aceleración, poseen un particular interés para este modelo descriptivo, una vez que, de acuerdo con nuestras hipótesis:

- a. La ocurrencia de cambios en la velocidad de desplazamiento de las superficies visuales sobre el cuadro señala la ocurrencia de límites de movimiento, los cuales a su vez favorecen la ocurrencia de puntos de sincronismo audiovisual.

- b. La ocurrencia de límites de movimiento, acentuados por el sincronismo del sonido, conforma un factor estructural pertinente a la organización rítmica sincrónica del movimiento visual y relevantes para la experiencia perceptiva.

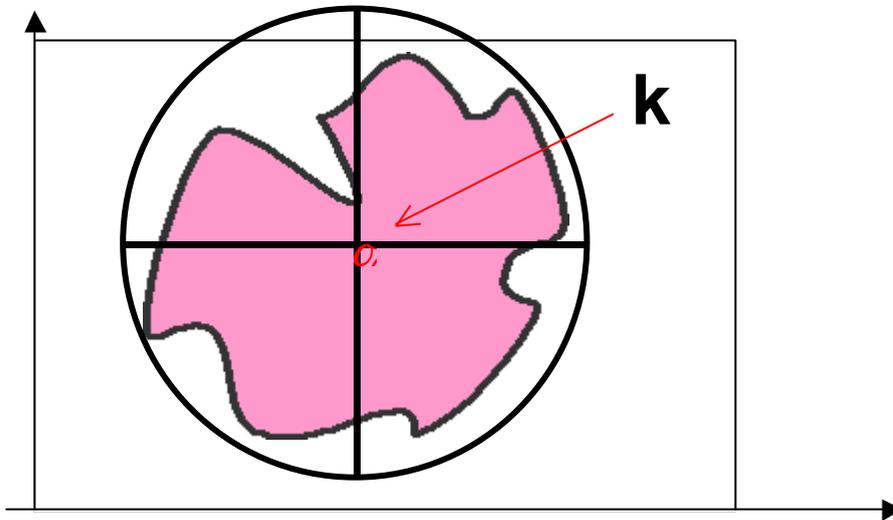
8.4.2.6. Parámetro de aceleración ($P_{\text{aceleración}}$)

De modo semejante a los parámetros anteriores, el parámetro de aceleración refleja, de modo absoluto, las transformaciones en la variable **aceleración**. La estimativa de la **aceleración** máxima sigue los mismos pasos descritos para la determinación de la **Velocidad** máxima, resultando igualmente en un valor absoluto, situado entre el cero y el uno, conforme la ecuación abajo:

Parámetro de aceleración	$P_{\text{aceleración}} = \frac{a_{\text{objeto}}}{a_{\text{máxima}}}$
---------------------------------	--

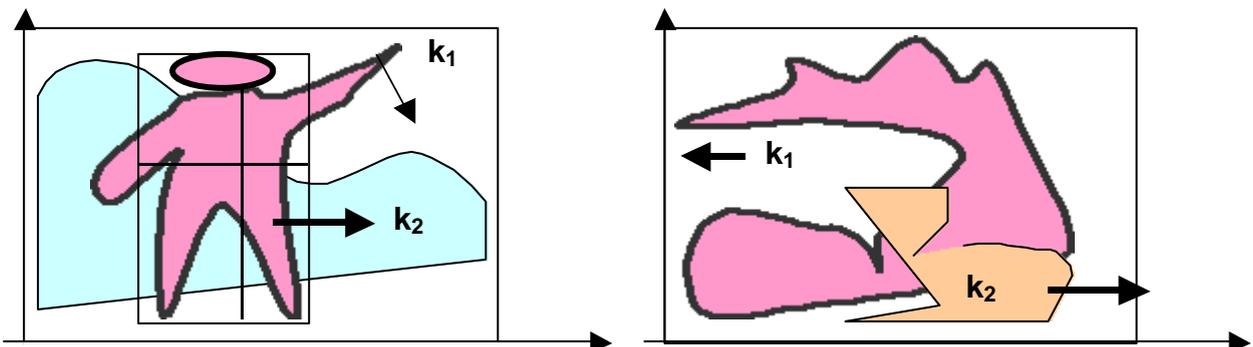
8.4.2.7. La asociación de puntos a las superficies

Las variables y parámetros desarrollados se presentan válidos para la descripción del movimiento de partículas y no para un cuerpo extenso, que no puede ser representado a través de partículas. La solución a este problema, como hemos anticipado, consiste en asociar una partícula, un punto k , a la superficie visual cuyo patrón de flujo óptico deseamos analizar. Se observa que este punto es imaginario y arbitrario, siendo posible recurrir a más de uno para describir el movimiento de diferentes superficies o regiones del cuadro, de acuerdo con los diagramas a continuación.

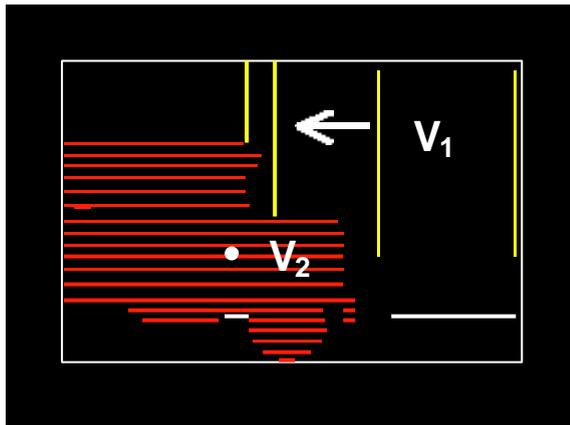


- Pueden utilizarse otras figuras geométricas, incluso compuestas
- C no está necesariamente en el interior del objeto.
- Caso a caso, se puede utilizar más de un punto k

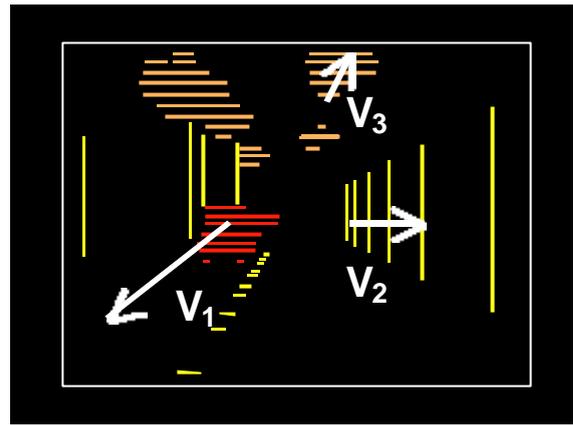
Ejemplo de un abordaje geométrico para determinación de un punto k asociado a un cuerpo extenso



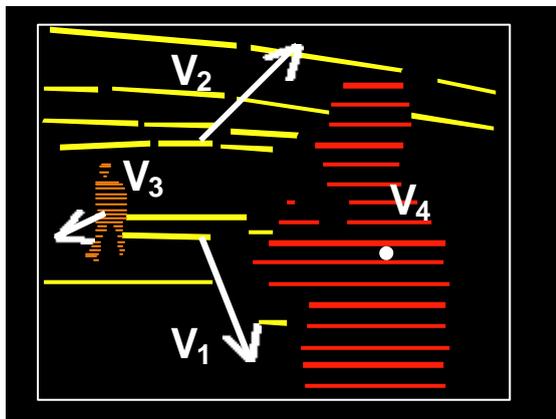
Ejemplo de aplicación del abordaje geométrico para determinación de las diferentes velocidades de desplazamiento de diferentes superficies visuales a partir de los diagramas para representación del patrón de flujo óptico en secuencias audiovisuales.



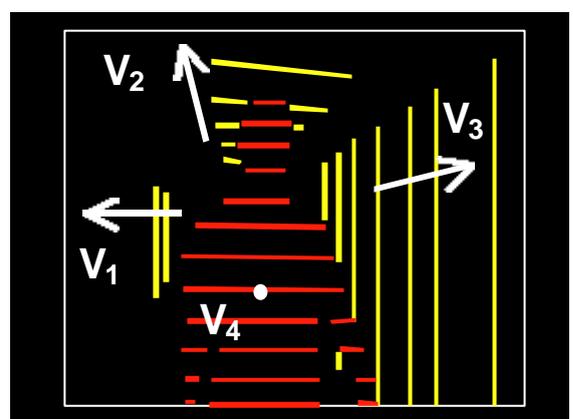
$$V_1 > V_2 = 0$$



$$V_1 > V_2 > V_3 \neq 0$$



$$V_1 = V_2 > V_3 ; \text{siendo } V_4 = 0$$



$$V_1 = V_2 = V_3 ; \text{siendo } V_4 = 0$$

8.4.2.8. Pasos del modelo de análisis

Los pasos para obtención de una representación formal del patrón de flujo óptico de una secuencia audiovisual constituyen los procedimientos básicos adoptados en este modelo de análisis, y pueden ser así explicitados:

- a. Determinación de uno o más **puntos** en el cuadro de análisis C_a
- b. Medición de la variable distancia en un dado intervalo de cuadros
- c. Proposición de un algoritmo (software) que proporcione n lecturas de los valores de las variables **Área (A)**, **Velocidad (V)** y **aceleración (a)**, a lo largo de una secuencia de cuadros.
- d. Proposición de un algoritmo que proporcione n lecturas de los parámetros $P_{\text{Área}}$, $P_{\text{velocidad}}$, $P_{\text{aceleración}}$.
- e. Elaboración de gráficos lineales exponencial de la variación en los valores de las variables **Área (A)**, **Velocidad (V)** y **aceleración (a)**, y de las posibles combinaciones entre los parámetros $P_{\text{Área}}$, $P_{\text{velocidad}}$, $P_{\text{aceleración}}$ en función del tiempo (cuadros)

8.4.2.9. Algoritmos de cálculo

Con el objetivo de ilustrar la implementación del modelo de análisis, consideremos un ejemplo de valores ficticios para las variables **Distancia** y **tiempo**. El algoritmo tendrá que desarrollar lecturas de los valores de **Área**, **Velocidad** y **aceleración**, a lo largo de una cadena de cuadros, suponiendo intervalos regulares de muestra, o sea, $t_n - t_{n-1}$, es constante.

TABLA 01 - Algoritmo para cálculo de las Variables Área, Velocidad y Aceleración

	t_0	t_1	t_2	t_3
Área (A)	P_{A1}	P_{A2}	P_{A3}	P_{A4}
Velocidad (V)	P_{V1}	P_{V2}	P_{V3}	P_{V4}
aceleración (a)	P_{a1}	P_{a2}	P_{a3}	P_{a4}

A partir de los datos de la tabla 01, es posible implementar, a su vez, el algoritmo para obtener a los parámetros adimensionales de **Área**, **Velocidad** y **aceleración**, respectivamente $P_{\text{Área}}$, $P_{\text{velocidad}}$, $P_{\text{aceleración}}$.

TABLA 02 - Algoritmo para cálculo de los Parámetros de Área, Velocidad y Aceleración

	t_0	t_1	t_2	t_3
Parámetro de Área	P_{A1}	P_{A2}	P_{A3}	P_{A4}
Parámetro de Velocidad	P_{V1}	P_{V2}	P_{V3}	P_{V4}
Parámetro de aceleración	P_{a1}	P_{a2}	P_{a3}	P_{a4}

Implementando a estos algoritmos, es posible elaborar gráficos contemplando a todas las combinaciones de los parámetros, según sea necesario o adecuado, en cada caso. x

- $P_{\text{Área}} \times P_{\text{velocidad}} \times P_{\text{aceleración}}$
- $P_{\text{Área}} \times P_{\text{velocidad}}$
- $P_{\text{Área}} \times P_{\text{aceleración}}$
- $P_{\text{velocidad}} \times P_{\text{aceleración}}$

8.4.2.10. Algoritmos y Gráficos

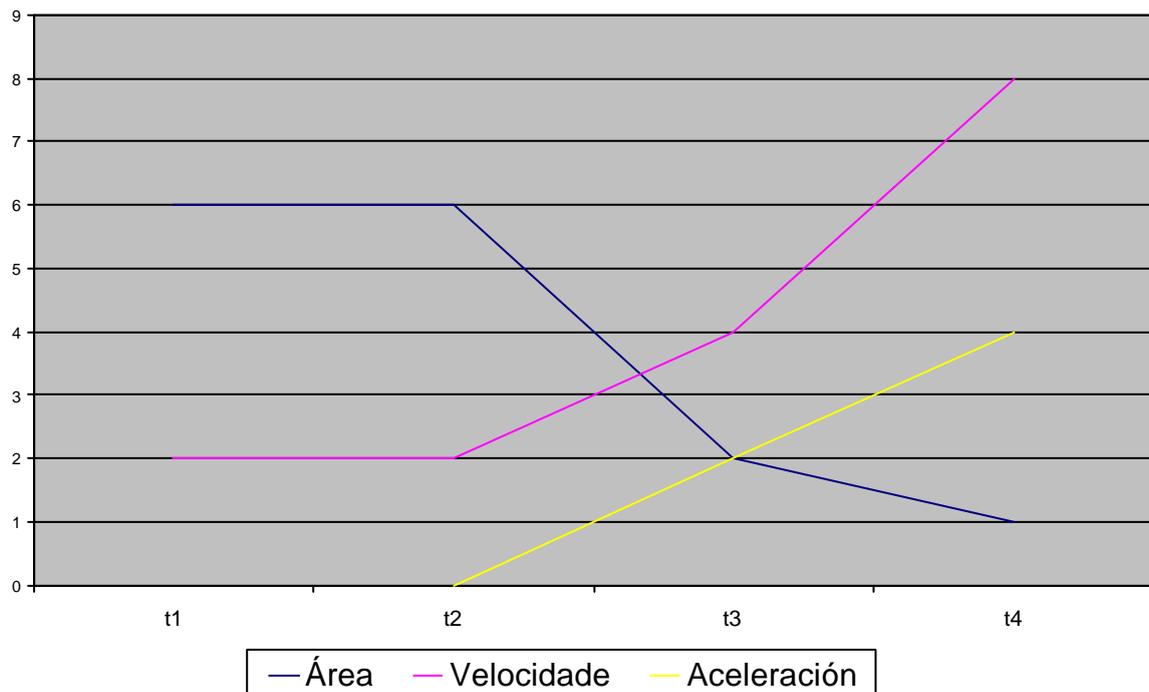
Atribuyendo valores ficticios a las variables **Área**, **Velocidad** y **aceleración**, exponemos a continuación la operación de los algoritmos de análisis del movimiento visual, acompañados de la respectiva representación gráfica.

a.1 Algoritmo de las variables de **Área**, **Velocidad** y **aceleración**

VARIABLES	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Área	6	6	2	1
Velocidade	2	2	4	8
Aceleración	0	0	2	4

* Tabla con valores ficticios

a.2. Gráfico del algoritmo de las variables

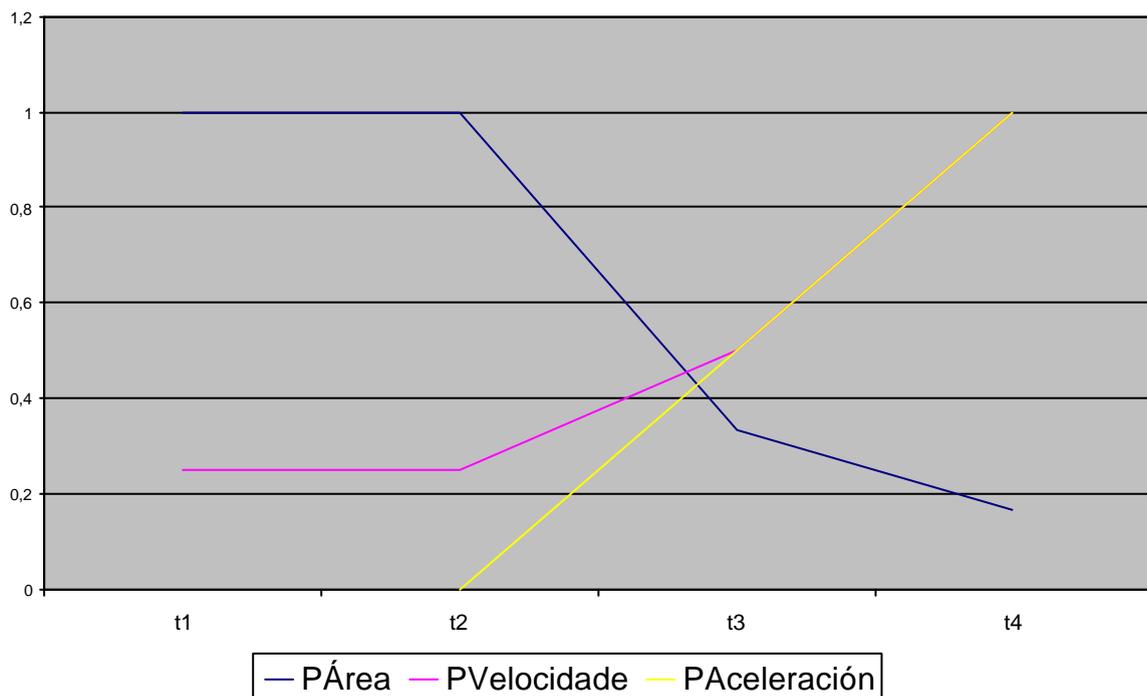


b.1 Algoritmo de los parámetros de Área ($P_{\text{Área}}$), de Velocidad ($P_{\text{Velocidad}}$) y de aceleración ($P_{\text{aceleración}}$)

PARÁMETROS	t_1	t_2	t_3	t_4
Área	1	1	0,3	0,17
Velocidad	0,25	0,25	0,5	1
Aceleración	0	0	0,5	1

* Tabla con valores ficticios

b.2 Gráfico del algoritmo de los parámetros

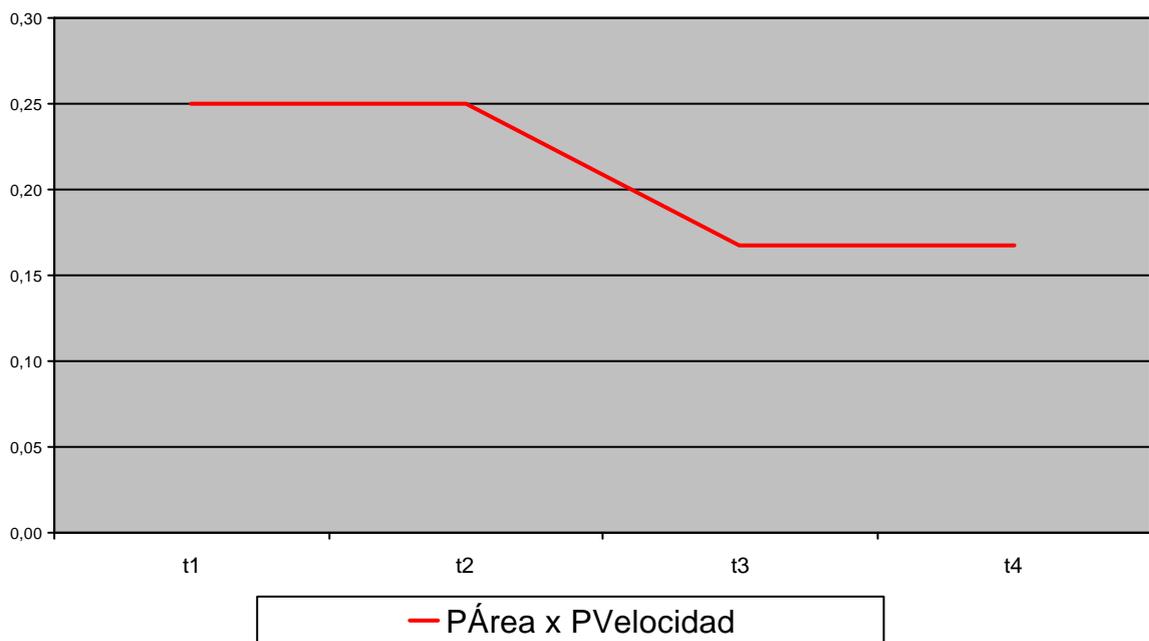


c.1 Algoritmo de la combinación de los parámetros

	t_1	t_2	t_3	t_4
$P_{\text{Área}} \times P_{\text{Velocidad}}$	0,25	0,25	0,17	0,17
$P_{\text{Área}} \times P_{\text{aceleración}}$	0,00	0,00	0,17	0,17
$P_{\text{Velocidad}} \times P_{\text{aceleración}}$	0,00	0,00	0,25	1,00
$P_{\text{Área}} \times P_{\text{Velocidad}} \times P_{\text{aceleración}}$	0,00	0,00	0,08	0,17

* Tabla con valores ficticios

c.2 Gráfico del algoritmo de la combinación del parámetro de Área y Velocidad*



*Es el único parámetro en el cual ninguno de los valores es igual a cero

8.4.2.11. Consideraciones preliminares acerca de los parámetros de movimiento visual

Al proponer el empleo de parámetros para una primera evaluación de las variables del movimiento visual definidas (**Área**, **Velocidad** y **aceleración**), la idea básica ha sido la de obtener medidas comparables y unificadas para la descripción y análisis de las transformaciones en las superficies del cuadro **C_a**, durante una secuencia audiovisual. Por medio de la representación gráfica, es posible observar que la aplicación del algoritmo no implica en ninguna modificación de la relación que mantiene entre sí los distintos valores de las diferentes variables, sino más bien las sitúa a partir de un término de comparación común – un parámetro adimensional, entre cero y uno.

En este sentido, los parámetros intentan expresar rasgos característicos del movimiento de las superficies visuales – la **cantidad de movimiento visual** - atribuidas a una cadena determinada de cuadros sucesivos, no debiendo por lo tanto ser confundido con el concepto de físico movimiento.

Se nota, entretanto, que habrá casos en que, para uno o más puntos **k₁** y **k₂**, algunos o todos los parámetros de movimiento no existan, o posean valores iguales a cero. Teóricamente, en que pese la tendencia a valores próximos al cero o al uno, el parámetro de movimiento unificado, producto de todos los parámetros, tiende a **no** alcanzar estos valores limítrofes.

Debido a que para obtener el valor uno como resultado de la multiplicación de los parámetros de **Área**, **Velocidad** y **aceleración**, correspondería a obtener valores máximos de las variables **A**, **V**, **a**. Un valor cero, a su vez, equivaldría a la ausencia total de las variables, incluso el parámetro de **Área**, configurando un cuadro homogéneo, como el obtenido por el total oscurecimiento de la pantalla, por ejemplo.

Sin embargo, como hemos visto en los ejemplos con valores ficticios, dada la frecuencia con que podremos encontrar valores de aceleración negativos o próximos a cero, en la práctica, en el análisis de secuencias de cuadros, utilizaremos principalmente a los valores y parámetros obtenidos a partir de las variables Área y Velocidad. En el ejemplo citado (Ítem 8.4.2.10., tabla c1, gráfico c2, pp. 231), a través de la combinación de estos dos parámetros, es posible observar que la cantidad de movimiento visual ha decrecido, puesto que, al incremento en los valores del parámetro velocidad corresponde también, en este caso, una disminución en los valores del parámetro de área.

8.5 Aplicación del modelo en el análisis de secuencias de cuadros generadas por ordenador - ¿Cómo determinar $V_{\text{máxima}}$?

La evaluación del Parámetro de Velocidad posee un especial interés para el análisis del movimiento visual. Como veremos, el parámetro ofrece indicadores relativos para la determinación de cualidades objetivas del movimiento, como, por ejemplo, la rapidez o lentitud de desplazamiento. Metodológicamente, esta evaluación sigue los mismos pasos dados en la determinación del parámetro del **Área**, que tiene como valor máximo de referencia el marco de la imagen.

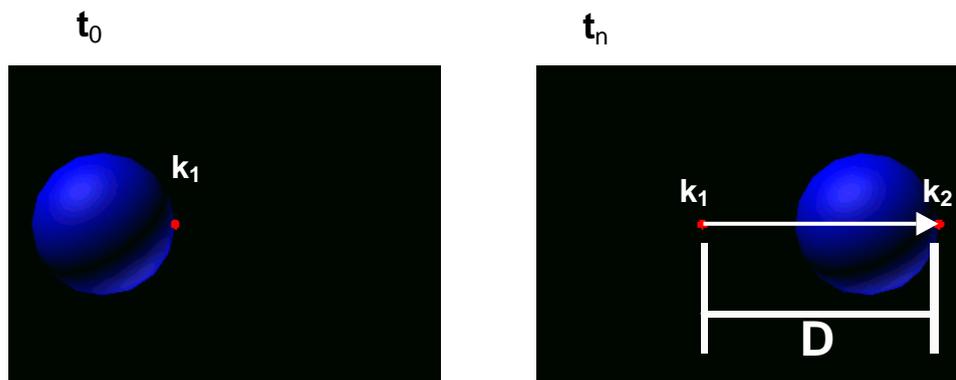
Básicamente, habría dos métodos para calcular el valor máximo de la velocidad de desplazamiento de una superficie. El primero, basado en la determinación de la velocidad máxima teóricamente posible para que el movimiento sea percibido por el receptor como un movimiento continuo. Es decir, para hablar de velocidad máxima de un punto o superficie visual sobre el cuadro, debemos ser capaces, por supuesto, de visualizar a una trayectoria continua de desplazamiento sobre la pantalla. El segundo, basado en la estimativa del valor de la velocidad máxima para cada conjunto de cuadros analizados, más adecuado a nuestro ver, a las condiciones subjetivas de percepción en general.

Nuestro planteamiento no persigue propiamente definir a los umbrales perceptivos, sino obtener indicadores para evaluar comparativamente el movimiento visual. Por lo tanto, al determinar teóricamente y empíricamente la velocidad máxima de desplazamiento de una partícula en un sistema bidimensional determinado, optamos por utilizar el valor de velocidad máxima obtenido para cada mensaje, considerado como un conjunto finito de cuadros, que presentándose a la visión de modo sucesivo, a intervalos regulares, conforman la sensación de un movimiento continuo, que transcurre en un tiempo presente durante la percepción del receptor a su percepción por el receptor.

8.5.1 Descripción formal de las secuencias

Para la construcción de la secuencia, pensemos en un desplazamiento lo más sencillo posible, como el de una pelota de billar azul sobre un fondo negro, que atraviesa el cuadro de lado a lado, a diferentes velocidades. Analizado en términos de movimiento visual, tal conjunto de secuencias podría ser así descrito:

Sobre un cuadro C_a , proporcional al cuadro de referencia, un objeto realiza el trayecto entre los puntos k_1 y k_2 , correspondiente a una distancia d , constante. El intervalo de tiempo $t_n - t_0$ es variable, entre 03 a 30 cuadros. A cada secuencia, hay un incremento en el intervalo de tiempo (cuadros) variable, en el cual la superficie se desplaza desde k_1 hasta k_2 . Esto resulta en que la velocidad de desplazamiento, a lo largo de las diferentes secuencias de cuadros, disminuye, en la medida en que la distancia entre la superficie entre dos cuadros consecutivos disminuye, proporcionalmente.



Cabe recordar que el parámetro de Velocidad posee el objetivo de proporcionar un indicador práctico que permita comparar la velocidad de desplazamiento de las diferentes superficies presentes en el cuadro, a lo largo de un mensaje.

8.5.2 Determinación de Velocidad máxima

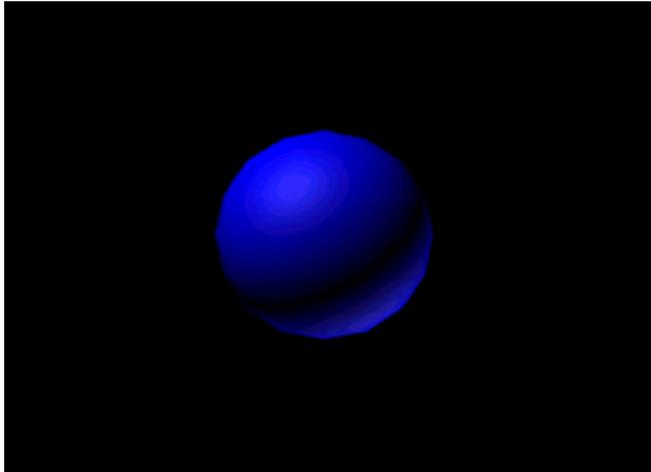
A continuación, presentamos los procedimientos realizados para estimar la velocidad máxima de desplazamiento, base del parámetro de velocidad. Primeramente, procedemos a la determinación del mayor valor máximo posible de Velocidad, tomando como base una evaluación introspectiva elaborada a partir de la apreciación subjetiva de simulaciones producidas por medios digitales. Esta experiencia hipotética, (accesible a los interesados, en los respectivos archivos disponibles en el CD ROOM que acompaña la tesis) tuvo el propósito de establecer empíricamente la $V_{\text{máxima}}$ en un sistema de representación visual en el cual el movimiento se produce, en realidad, mediante la renovación de cuadros estáticos que se suceden a una velocidad constante de 1/30 s.

Así que, teniendo en cuenta las características particulares de este sistema, en la proposición del experimento, de carácter introspectivo, hemos considerado a un mismo desplazamiento, haciendo variar entre 2 y 30 cuadros el intervalo mínimo y máximo, respectivamente, el tiempo en lo cual se realiza un mismo movimiento. Es decir, cuando hablamos se 2 a 30 cuadros, estamos haciendo referencia a las siguientes duraciones:

- **2 cuadros, (1/30) de segundo cada cuadro = 0,066 segundos**
- **30 cuadros, (1/30) de segundo cada cuadro = 1 segundos**

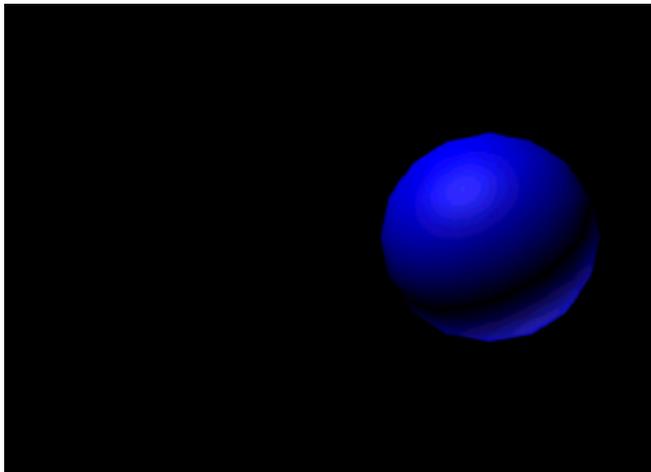
De este modo, han sido producidas 30 secuencias contemplando el mismo desplazamiento, realizado en intervalos de tiempo distintos. Por lo tanto, el desplazamiento de la superficie se realiza a distintas velocidades medias, según cada una de las secuencias presentadas a seguir (Ver ficheros correspondientes en el CD ROOM en anexo).

8.5.2.1. Secuencia 01



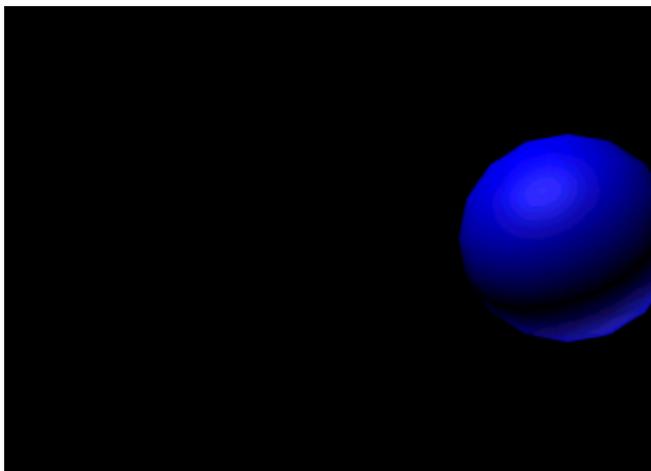
Secuencia 01
Tiempo = 02 cuadros
(0,066 segundo)
Archivo: 40.sec 01.avi

8.5.2.2. Secuencia 02



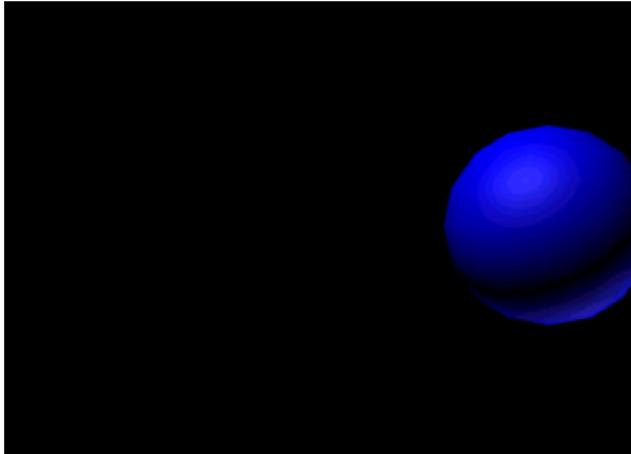
Secuencia 02
Tiempo = 03 cuadros
(0,1 segundo)
Archivo: 41.sec 02.avi

8.5.2.3. Secuencia 03



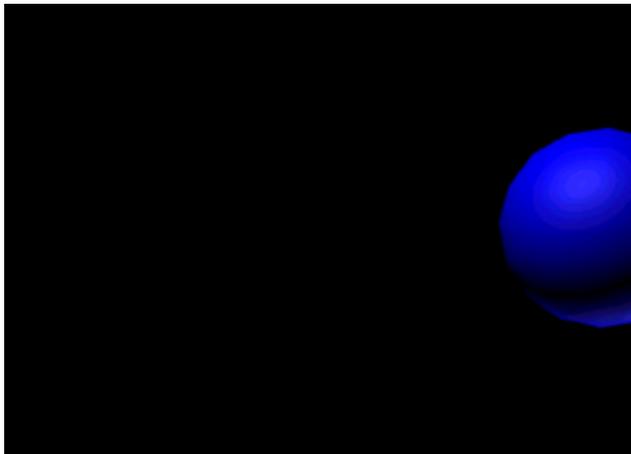
Secuencia 03
Tiempo = 04 cuadros
(0,133 segundo)
Archivo: 42.sec 03.avi

8.5.2.4. Secuencia 4



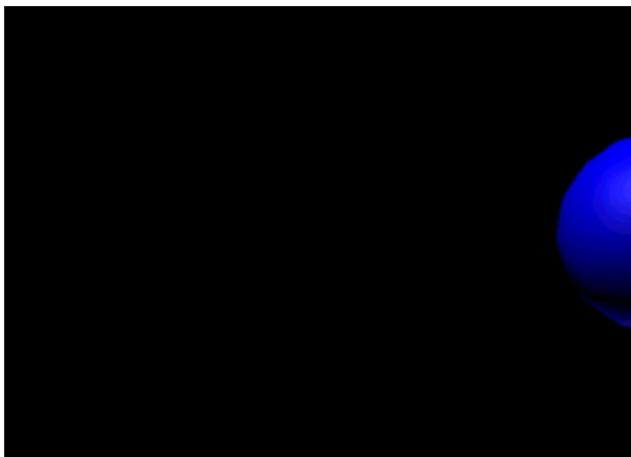
**Secuencia 04
Tiempo = 08 cuadros
(0,266 segundo)
Archivo:43.sec 04.avi**

8.5.2.5. Secuencia 5



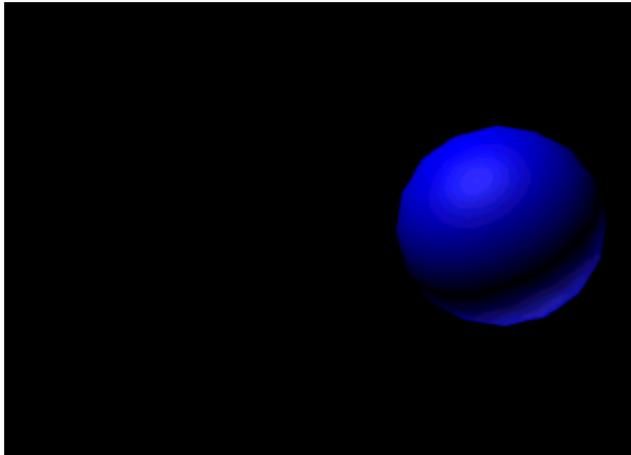
**Secuencia 05
Tiempo = 16 cuadros
(0,533 segundo)
Archivo: 44.sec 05.avi**

8.5.2.6. Secuencia 6



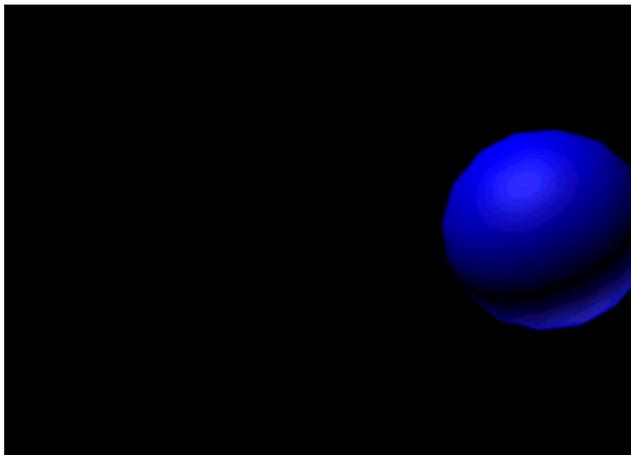
**Secuencia 06
Tiempo = 24 cuadros
(0.8 segundo)
Archivo: 45.sec 06.avi**

8.5.2.7. Secuencia 7



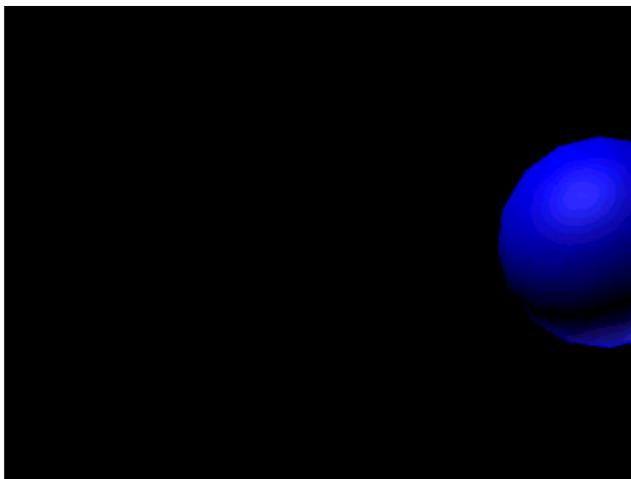
**Secuencia 07
Tiempo = 30 cuadros
(1 segundo)
Archivo: 46.sec 07.avi**

8.5.2.8. Secuencia 8



**Secuencia 08
Tiempo = 60 cuadros
(2 segundos)
Archivo: 47.sec 08. avi**

8.5.2.9. Secuencia 9



**Secuencia 09
Tiempo = 120 cuadros
(4 segundos)
Archivo: 48.sec 09.avi**

8.5.3 Implementación del modelo en el análisis de las secuencias

A continuación, utilizaremos el modelo de análisis propuesto para determinar la velocidad máxima de desplazamiento de una superficie visual sobre el cuadro, analizando las secuencias presentadas anteriormente. En primer lugar, calcularemos el valor máximo del sistema, excluyendo de antemano las secuencias en las cuales el movimiento no se presenta de modo continuo (Secuencia 1 y Secuencia 2).

El objetivo es, en primer lugar, comprobar la efectividad operativa del algoritmo propuesto. El segundo objetivo es obtener el valor de velocidad máxima del sistema, para ser utilizada como término comparativo en la proposición de parámetros para comparación de los valores de velocidad obtenidos en cada caso.

Con base en el valor máximo de velocidad, la idea básica es producir un indicador que exprese en valores sencillos, situados entre 0 e 1, la lentitud o rapidez del movimiento, calculada a efectos de la descripción y análisis del movimiento visual en una secuencia o conjunto de secuencias de cuadros específicos.

Cabe aquí recordar el algoritmo utilizado para el cálculo Parámetro de Velocidad de una superficie visual sobre el cuadro:

$$\text{Parámetro de Velocidad (P}_{\text{velocidad}}) = \frac{\text{Velocidad de la superficie}}{\text{Velocidad máxima}}$$

8.5.4 Determinación de la Velocidad

Considerando que, en estos casos, el área de la superficie visual y la velocidad son constantes, y por lo tanto no hay aceleración, solamente consideraremos a la variable velocidad de desplazamiento, siguiendo los procedimientos abajo:

1. Descripción de la trayectoria del punto **k** en el cuadro de análisis **C_a**
2. Medición de la variable distancia en un dado intervalo de cuadros "x"
3. Proposición de un algoritmo (software) que proporcione **n** lecturas de los valores de **Velocidad**.
4. Proposición de un algoritmo que proporcione **n** lecturas de los parámetros de **Velocidad** (**P_{velocidad}**).
5. Elaboración de gráficos de la variación en los valores de **Velocidad**, y en el parámetro de **Velocidad** (**P_{velocidad}**), en un dado intervalo de cuadros, recordando que:

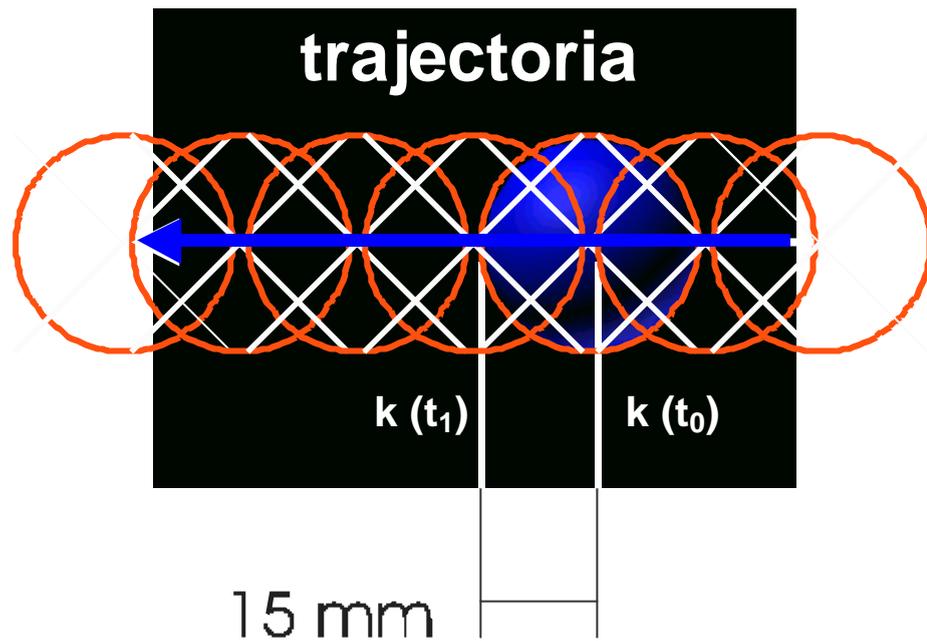
- $P_{velocidad} = V_{objeto} / V_{máxima}$

8.5.5 Descripción de la(s) trayectoria(s)

8.5.5.1. Descripción del sistema

El análisis del movimiento visual empieza por la identificación de la trayectoria de desplazamiento de la superficie visual cuyo movimiento se pretende describir. De modo más preciso, podemos definir que, dada una secuencia de cuadros, el conjunto de los desplazamientos de una misma superficie constituye su trayectoria.

La trayectoria puede ser así visualizada en el interior del cuadro, a partir de un punto k asociado, siendo descrita en términos de la distancia recorrida en función del tiempo, medido en cuadros. En la ilustración abajo, un ejemplo de la determinación de la trayectoria y de la medición de la distancia recorrida por la superficie entre dos cuadros consecutivos. En este caso, vale notar, siendo las distancias recorridas constantes, la velocidad del movimiento también es constante. En realidad, no hay límites de movimiento relativos a cambios en la trayectoria o en la velocidad. La única transformación observable es el incremento del área, cuando la pelota entra en cuadro, y la disminución subsiguiente, cuando la pelota sale de cuadro.



8.5.5.2. Medición

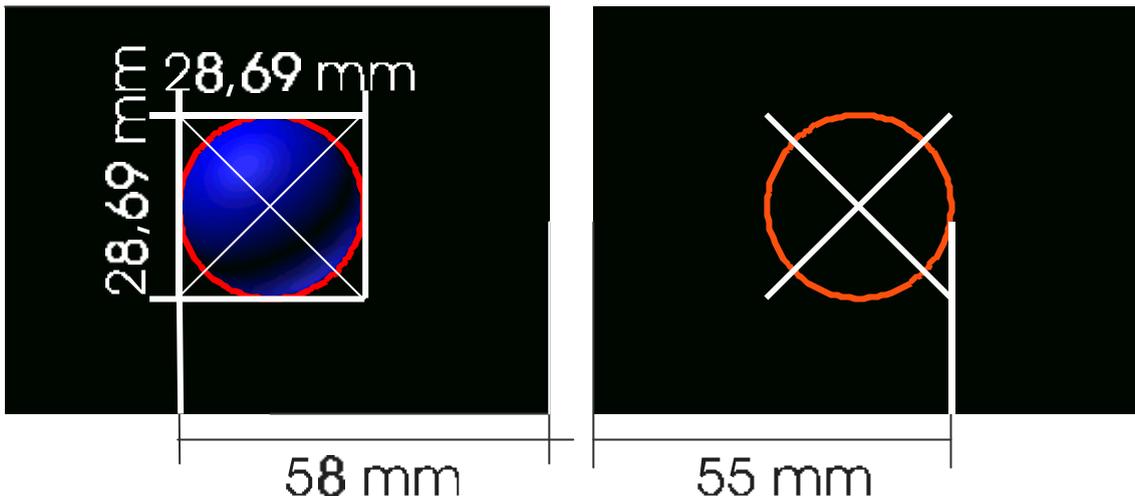
Conviene aquí recordar que el objetivo de tal medición es obtener los valores de velocidad en cada una de las secuencias analizadas, con el propósito de determinar el valor máximo de la variable velocidad, por encima del cual surge la pérdida de sensación de continuidad en el movimiento por parte del receptor.

Como procedimiento analítico, tal medición puede ser descrita como siendo la determinación de la distancia recorrida por un punto k , asociado a la superficie cuya velocidad se pretende establecer, en un intervalo constante de tiempo (cuadros).

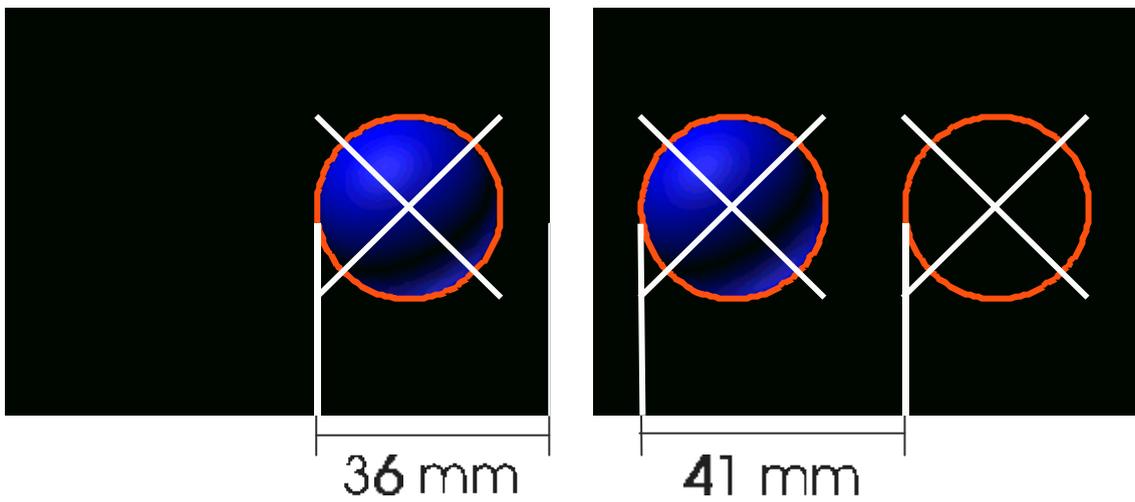
Las ilustraciones siguientes retratan la aplicación del procedimiento descrito en el análisis de las secuencias. Nótese que ellas han sido construidas con el propósito de determinar la velocidad máxima posible y visible en este sistema, que opera a 30 cuadros / segundo. Como se puede constatar, la medición de las distancias entre cuadros sucesivos apunta hacia

valores constantes, lo que significa que, en todos estas secuencias, la superficie esférica azul (la pelota de billar) se desplaza a velocidades constantes.

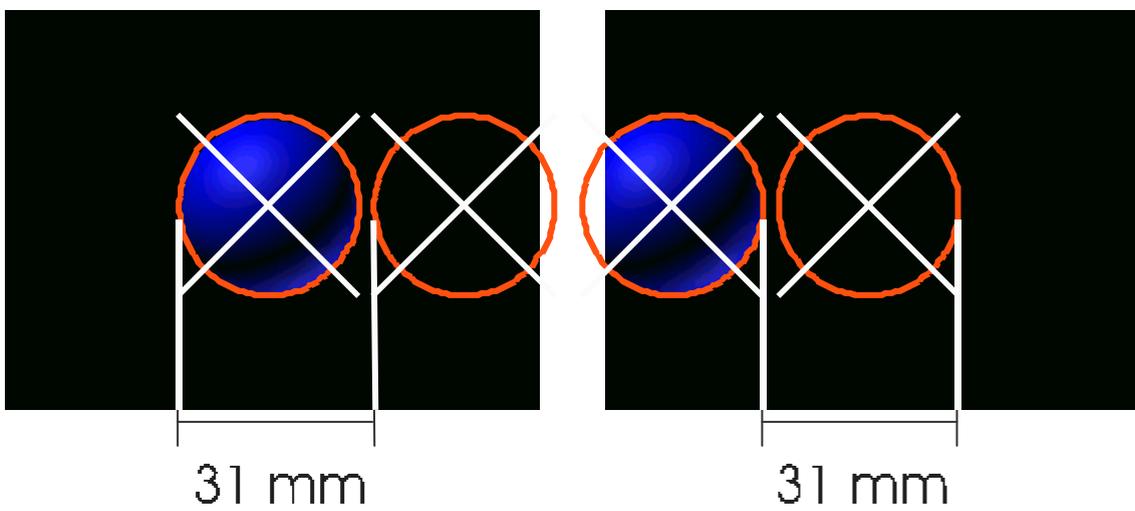
8.5.5.2.1. Secuencia 1



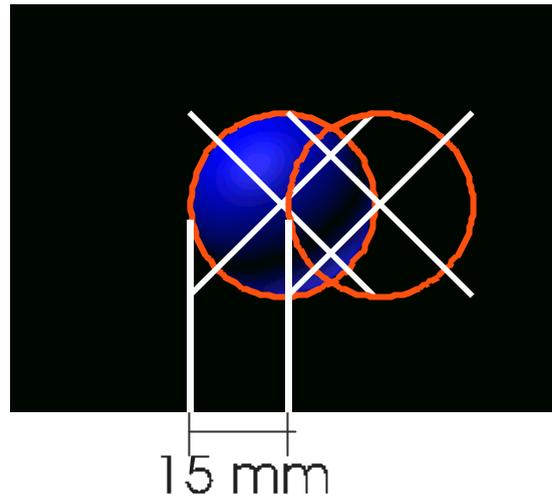
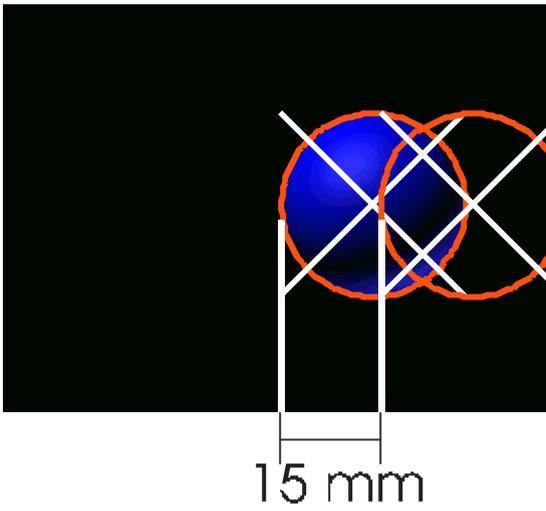
8.5.5.2.2. Secuencia 2



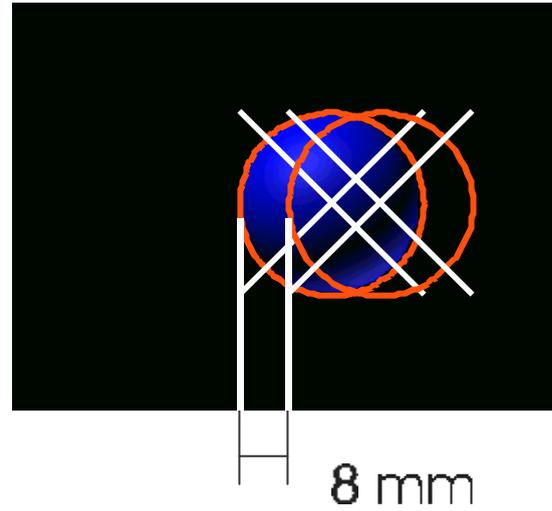
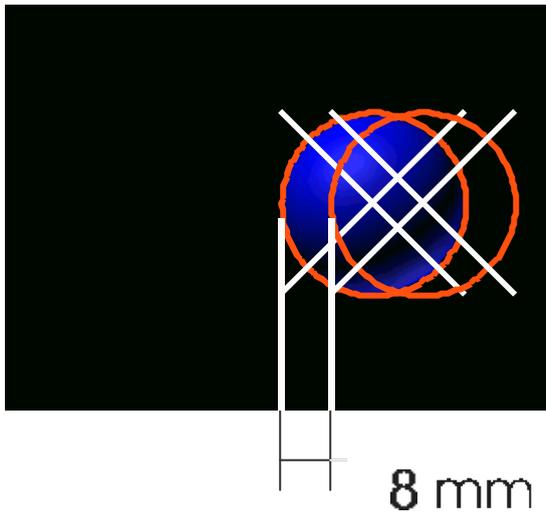
8.5.5.2.3. Secuencia 3



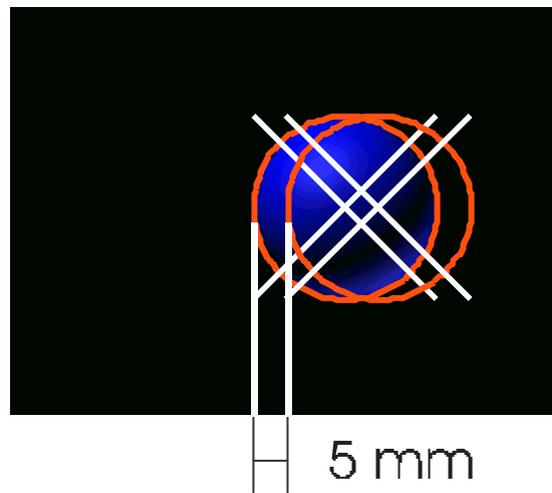
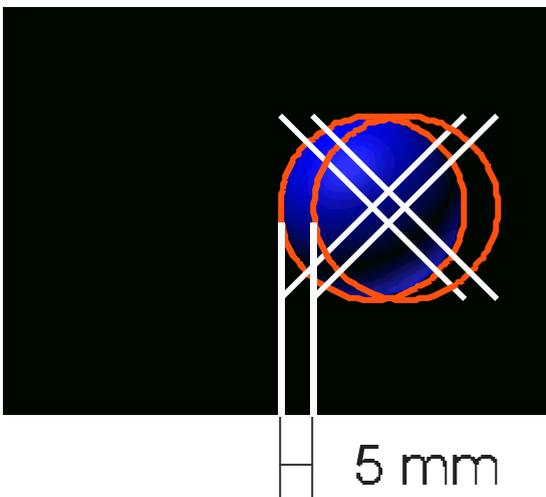
8.5.5.2.4. Secuencia 4



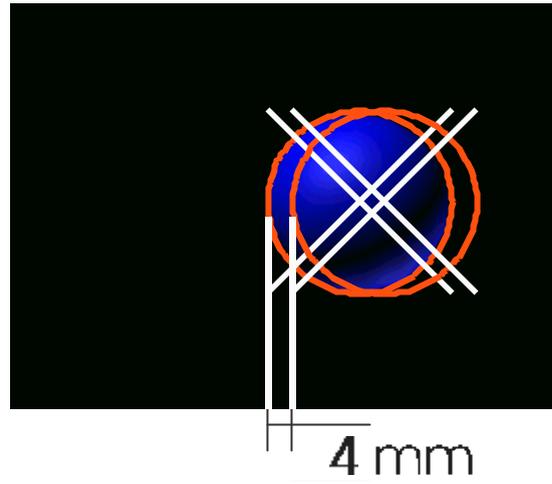
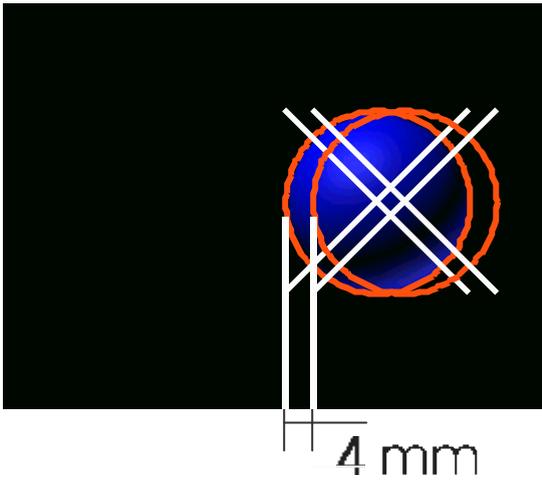
8.5.5.2.5. Secuencia 5



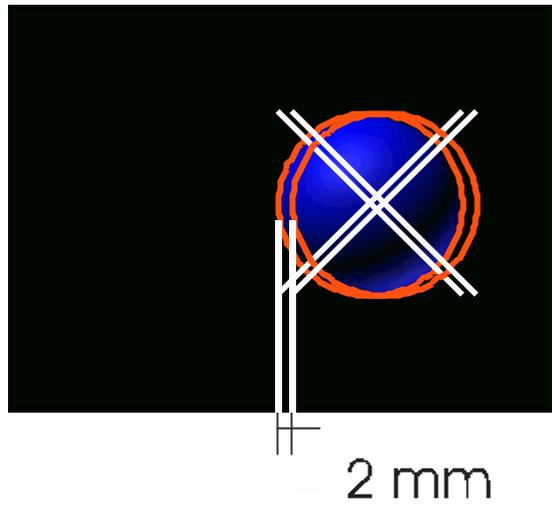
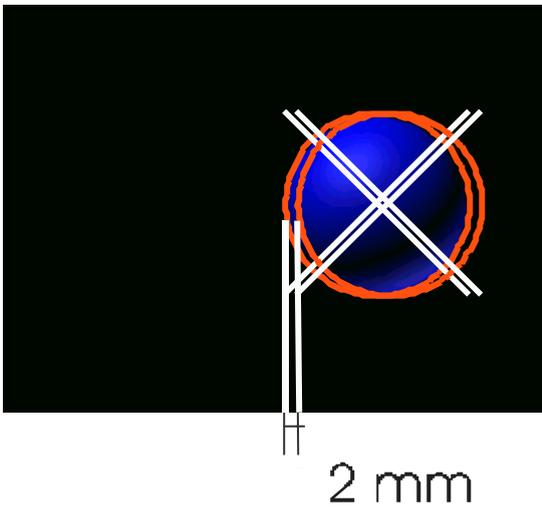
8.5.5.2.6. Secuencia 6



8.5.5.2.7. Secuencia 7



8.5.5.2.8. Secuencia 8



8.5.5.2.9. Secuencia 9

