



UNIVERSIDAD  
FASTA

FACULTAD DE CIENCIAS JURIDICAS Y SOCIALES

# LICENCIATURA EN CRIMINALISTICA

DEMOSTRACIÓN FÍSICO-MATEMÁTICA EN LA  
DETERMINACIÓN DE LA ETIOLOGÍA EN  
HECHOS DE CAÍDA LIBRE

**Autor:** Medina, Marcos Isaac

**Director de Tesis:** Lic. Gacio, Hernán

**Asesoramiento:** Dr. Arenas, Gustavo F.

Lic. Huinchulef, María Eugenia

**Mes y Año:** 2017

LICENCIATURA EN CRIMINALISTICA - 2017  
DEMOSTRACIÓN FÍSICO-MATEMÁTICA EN LA DETERMINACIÓN  
DE LA ETIOLOGÍA EN HECHOS DE CAÍDA LIBRE  
AUTOR: MARCOS MEDINA



## **DEDICATORIA**

---

A mis abuelos, a mis padres y a la mujer que amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

---

A nuestros padres, por darnos la oportunidad de estudiar lo que siempre quisimos.

A la Universidad F.A.S.T.A., a cada una de las personas que participan en ella y a toda la comunidad.

Al Lic. Hernán Gacio y a la Lic. María Eugenia Cariac por habernos enseñado las bases de la Criminalística. Por ser grandes maestros dentro y fuera del aula.

A la Lic. María Eugenia Huinchulef, por su apoyo y dedicación en cada uno de los proyectos de la carrera.

Al Lic. Luis Olavarría, por otorgarnos contacto con el perito Enrique Urrutia de la ciudad de México, quien nos ayudó y orientó en la confección del muñeco de prueba.

Al Dr. Gustavo F. Arenas, por su apoyo incondicional desde el momento en que se le consultó sobre la presente tesis ayudándonos de forma desinteresada, y por dejarnos confiar en su capacidad para su realización.

A Agostina Vitullo, por ser una gran amiga, persona y compañera de tesis que por circunstancias de la vida no pudimos presentar esta tesis juntos.

A nuestros familiares y parejas que nos apoyaron y acompañaron en todo momento durante el transcurso de esta experiencia.

## **RESUMEN**

---

La presente tesis tuvo como finalidad establecer una serie de parámetros para determinar la etiología, ya sea homicida o suicida, en los casos de caída libre. Por el cual, en base al ángulo de impacto, se creyó que sería factible.

Para ello, se confeccionó un muñeco de prueba con dimensiones promedio a un ser humano. El cual *a posteriori* fue arrojado a diversas alturas, e impulsado en un sube y baja/balancín.

Como material experimental de laboratorio se compararon los resultados antes obtenidos con saltos olímpicos realizados por un personal capacitado que posea dicha características físicas en una pileta natatoria.

Todo esto fue registrado de forma filmográfica y gráficamente para una óptima evaluación de lo observado.

Finalmente, con todo lo obtenido se realizaron tablas comparativas para poder establecer un valor representativo de casos de caída libre, en etiología homicida o suicida.

## **PALABRAS CLAVE**

---

Caída libre – Física – escena del crimen – etiología – suicidio – homicidio – ángulo de impacto.

## **ABSTRACT**

---

The present thesis had as objective establish a range of parameters to determine etiology, such as homicidal or suicidal, in free falling cases. Whereby, having the angle of the impact, it was believed that it was realisable.

To do this, a dummy was made with certain average dimensions to a human being. Which later was pushed from different heights, and impulsed in a seesaw/teeter totter.

As laboratory experimental material, the results were compared with olympic jumps into a swimming pool, done by a trained individual who possessed these physical characteristics.

All of this was registered filmographically and photographically to obtain an optimum evaluation of what was seen.

Finally, with everything that was obtained, comparative tables were made to be able to establish a representative value for free falling cases, in etiology homicidal or suicidal.

## **KEYWORDS**

---

Free fall – Physics – crime scene – etiology – suicide – homicide – angle of impact.

## INDICE

---

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE .....	3
ABSTRACT .....	4
KEYWORDS.....	4
INDICE .....	5
FACULTAD.....	9
CARRERA .....	9
AUTORES .....	9
TUTOR .....	9
TITULO.....	9
AREA TEMATICA.....	9
TEMA .....	9
FUNDAMENTACION.....	10
PROBLEMA.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
ESTADO DE LA CUESTION .....	11
FACTIBILIDAD .....	12
CONFECCION DEL MUÑECO.....	12
SUBE Y BAJA.....	16
EMDER.....	16
DOMICILIOS PARTICULARES.....	16
FACULTAD DE DERECHO (UNMDP) .....	16
HIPOTESIS .....	16
DISEÑO METODOLOGICO.....	17
MARCO TEORICO .....	18
FISICA .....	18

AUTOR: MARCOS MEDINA

CAIDA LIBRE .....	18
CINEMATICA .....	19
DEFINICION .....	19
CAIDA LIBRE - POSICIÓN FINAL SOBRE EL EJE Y .....	19
CAIDA LIBRE - VELOCIDAD SOBRE EL EJE Y .....	20
CAIDA LIBRE - TIEMPO .....	20
CAIDA LIBRE - POSICIÓN FINAL SOBRE EL EJE X .....	21
CAIDA LIBRE – VELOCIDAD SOBRE EL EJE X .....	21
DINAMICA .....	21
ENERGIA .....	22
LEY DE CONSERVACION DE LA ENERGIA .....	22
ENERGIA CINETICA .....	22
ENERGIA POTENCIAL .....	23
EXPERIMENTACION .....	24
MUERTE Y SU CLASIFICACION .....	25
MUERTE VIOLENTA .....	26
ETIOLOGIA SUICIDA .....	26
ETIOLOGIA HOMICIDA .....	26
EXPERIMENTACIONES .....	27
1. EXPERIMENTACION EN NATATORIO MUNICIPAL (EMDER) .....	27
1.a. RELEVAMIENTO DE LOS DATOS REQUERIDOS PARA LA EXPERIMENTACION CON PLATAFORMA CON SUJETO REAL .....	27
1.b. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS .....	28
1.c. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION: .....	28
EXPERIMENTACION 1.1.1: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA .....	30
EXPERIMENTACION 1.1.2: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA .....	33
EXPERIMENTACION 1.2.1: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA .....	36

AUTOR: MARCOS MEDINA

EXPERIMENTACION 1.2.2: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA.....	39
EXPERIMENTACION 1.3.1: CAIDA LIBRE A 7,5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA.....	42
EXPERIMENTACION 1: TABLAS INFORMATIVA.....	45
2. EXPERIMENTACION EN DOMICILIO PARTICULAR.....	46
2.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	46
2.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:.....	47
EXPERIMENTACION 2.1.1: CAIDA LIBRE A 3,10M, SIMULACION SUICIDA – CALCULOS.....	48
EXPERIMENTACION 2.1.2: CAIDA LIBRE A 3,10M, SIMULACION HOMICIDA – CALCULOS.....	50
EXPERIMENTACION 2: TABLAS INFORMATIVA.....	52
3. EXPERIMENTACION EN DOMICILIO PARTICULAR II.....	53
3.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	53
3.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:.....	54
EXPERIMENTACION 3.1.1: CAIDA LIBRE A 5,20M, SIMULACION SUICIDA – CALCULOS.....	55
EXPERIMENTACION 3.1.2: CAIDA LIBRE A 5,20M, SIMULACION HOMICIDA – CALCULOS.....	57
EXPERIMENTACION 3: TABLAS INFORMATIVA.....	59
4. EXPERIMENTACION EN FACULTAD DE DERECHO (UNMDP).....	60
4.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	60
4.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:.....	61
EXPERIMENTACION 4.1.1: CAIDA LIBRE A 6,36M DE ALTURA (2 <sup>do</sup> PISO), SIMULACION SUICIDA – CALCULOS.....	62
EXPERIMENTACION 4.1.2: CAIDA LIBRE A 6,36M DE ALTURA (2 <sup>do</sup> PISO), SIMULACION HOMICIDA – CALCULOS.....	64
EXPERIMENTACION 4.2.1: CAIDA LIBRE A 12,70M DE ALTURA (4 <sup>to</sup> PISO), SIMULACION SUICIDA – CALCULOS.....	66



AUTOR: MARCOS MEDINA

EXPERIMENTACION 4.2.2: CAIDA LIBRE A 12,70M DE ALTURA (4 <sup>to</sup> PISO), SIMULACION HOMICIDA – CALCULOS.....	68
EXPERIMENTACION 4.3.1: CAIDA LIBRE A 15,82M DE ALTURA (5 <sup>to</sup> PISO), SIMULACION SUICIDA – CALCULOS .....	70
EXPERIMENTACION 4.3.2: CAIDA LIBRE A 15,82M DE ALTURA (5 <sup>to</sup> PISO), SIMULACION HOMICIDA – CÁLCULOS.....	72
EXPERIMENTACION 4: TABLAS INFORMATIVA .....	74
5. EXPERIMENTACION CON SUBE Y BAJA/BALANCIN.....	75
5.a. RELEVAMIENTO DE LOS DATOS REQUERIDOS PARA LA EXPERIMENTACION CON PLATAFORMA CON SUJETO REAL.....	75
5.b. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	75
5.c. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:.....	76
CONCLUSIONES .....	78
CASOS DE SUICIDIO.....	78
CASOS DE HOMICIDIO.....	78
CRITERIOS.....	79
HIPOTESIS.....	81
SUPOSICIONES.....	81
UTILIDAD.....	82
PROPUESTA.....	82
BIBLIOGRAFIA.....	84

---

## **FACULTAD**

Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

---

## **CARRERA**

Licenciatura en Criminalística.

---

## **AUTORES**

Medina, Marcos Isaac

---

## **TUTOR**

Lic. Gacio, Hernán.

---

## **TITULO**

Demostración físico-matemática en la determinación de la etiología en hechos de caída libre.

---

## **AREA TEMATICA**

Física aplicada a hechos criminalísticos.

---

## **TEMA**

Demostrar científicamente etiología suicida u homicida en hechos de caída libre.

---

## **FUNDAMENTACION**

---

Este proyecto de investigación tuvo su fundamentación en hechos reales. Y pretende demostrar científicamente la etiología en hechos de caída libre, dígase homicida o suicida. En la práctica cotidiana no parece haber una forma científicamente para demostrar y justificar tales hechos. Por lo general, se toman en cuenta relatos de testigos que observaron el hecho, que pueden resultar sesgados o ligados a sus sentidos son sentidos, y pueden verse distorsionados por distintos puntos de vista de acuerdo al observador.

En este sentido, se pretendió generar un método simple y claro, recurriendo a la Física propia de una caída libre, esto es con Cinemática, Dinámica y Trabajo-Energía. Para ello se presentó un modelo físico-matemático del problema, debidamente fundamentado por la bibliografía, y luego se realizaron pruebas reales mediante dos tipos de ensayo: caída de un muñeco construido para tales efectos y simulación de caídas homicidas y suicidas mediante saltos en piscina con personal entrenado.

El muñeco de prueba fue confeccionado con dimensiones promedio a una persona 1,70m (un metro setenta) de altura, y un peso de 60kg (sesenta kilogramos) y se lo sometió a caídas desde distintas alturas y con la modalidad propia de un salto homicida o suicida en distintas locaciones. Teniendo en cuenta la característica del muñeco, además se realizaron una serie de experimentaciones con un sube y baja, el cual la ayude a simular distintas caídas y por el cual se podrían obtener datos necesarios para demostrar la hipótesis. Para disponer de datos experimentales fidedignos, además se estudió el comportamiento de un cuerpo que cae con personal entrenado que realice saltos en una piscina a fin de recrear situaciones reales.

En ambas situaciones, fue necesario registrar videos de las caídas desde al menos desde dos puntos diferentes, que brindaron la información pertinente para probar el modelo teórico.

## **PROBLEMA**

---

¿Es posible establecer etiología homicida o suicida en hechos de caída libre a partir de los datos disponibles en la escena con la ayuda de cálculos físico-matemáticos?

## **OBJETIVO GENERAL**

---

Generar un modelo simple basado en datos concretos de la escena para determinar etiología homicida o suicida en hechos de caída libre.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

---

- Construcción de un muñeco de prueba con diversos materiales que simulen un cuerpo humano real de 1,70m y 60kg para la realización de las experimentaciones.
- Realizar pruebas con sube y baja/balancín.
- Realizar pruebas de caída libre desde diversas alturas.
- Realizar pruebas de salto olímpico en natatorio municipal.
- Documentar las experiencias mediante fotografías y videos.
- Generar tablas de valores concretos que sirvan de orientación al perito para determinar etiología del hecho.

## **ESTADO DE LA CUESTION**

---

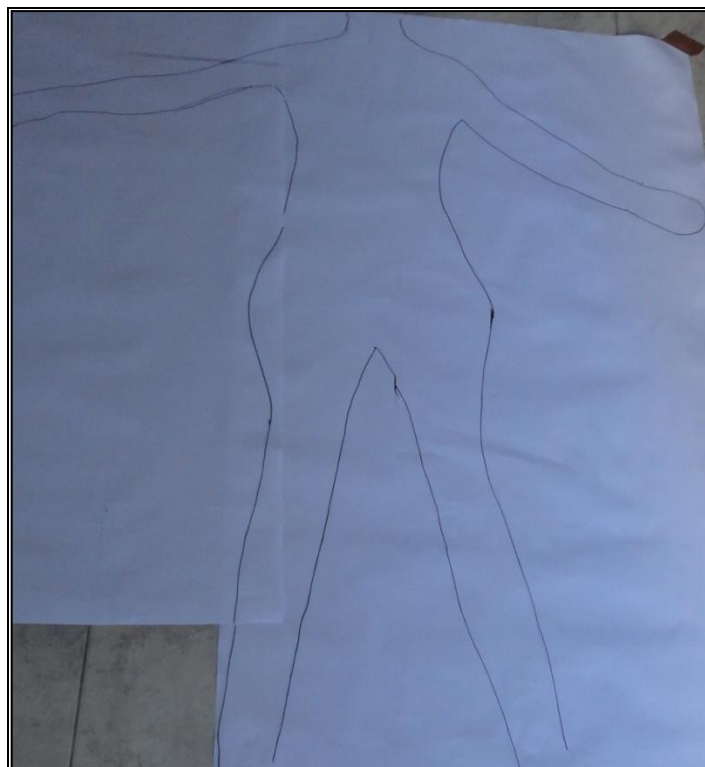
Se realizó la búsqueda sobre el tema de interés en Internet y solo se obtuvieron datos relacionados con el estudio de los patrones de herida sobre hechos de caída libre por lo que eran netamente Médico Legales. También se consultó al Lic. en Criminalística Hernán Gacio, docente en la carrera de Licenciatura en Criminalística de la Universidad FASTA y Comisario, Jefe de la División Criminalística de la Delegación Departamental de Policía Científica Mar del Plata, quien mencionó que no es algo que se perite en los hechos en cuestión.

## **FACTIBILIDAD**

---

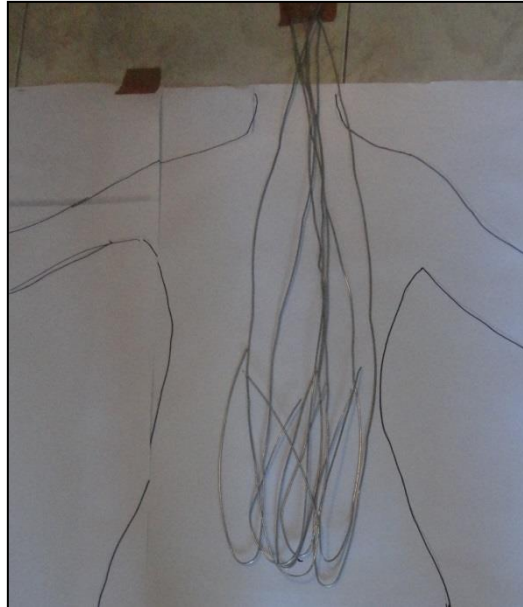
Se consultó al Dr. Gustavo F. Arenas, profesor Facultad de Ingeniería (UNMdP), e Investigador CONICET y ex docente de la asignatura Física de la carrera Licenciatura en Criminalística de la Universidad FASTA sobre la temática en cuestión, quién propuso la realización de parte de las experiencias prácticas para explorar el problema y así establecer su viabilidad. Además se cuenta, para la realización de esta investigación, con un muñeco de prueba, con autorización expedida por la Secretaria de Coordinación de la Facultad de Derecho (UNMdP), Verónica I. Hourquebie y con autorización de personal encargado de la sede Natatorio del EMDER para las pruebas de saltos olímpicos. Asimismo, para la documentación de lo antes mencionado, se cuenta con cámaras fotográficas y de video filmación.

CONFECCION DEL MUÑECO: Para la realización del muñeco estándar se consultó al Enrique Urrutia, Perito en Criminalística con especialidad en Grafoscopía y Documentoscopía, y fundador de la Unidad de Investigación Forense; oriundo de la ciudad de México. Con lo aportado por él, procedimos a confeccionarlo de la siguiente manera:

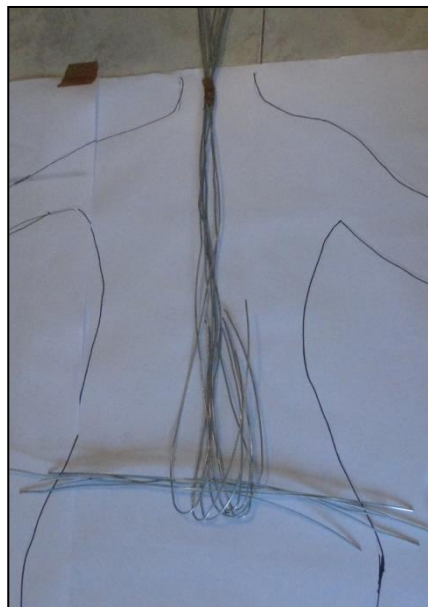


AUTOR: MARCOS MEDINA

- Primeramente se dibuja la silueta del tamaño deseado en una hoja de papel. Luego con la conjunción de cinco (5) a siete (7) tramos de alambre, de manera vertical, se realiza lo que sería la columna vertebral del muñeco, con un dobléz en la zona de la cadera para sostén de la misma.

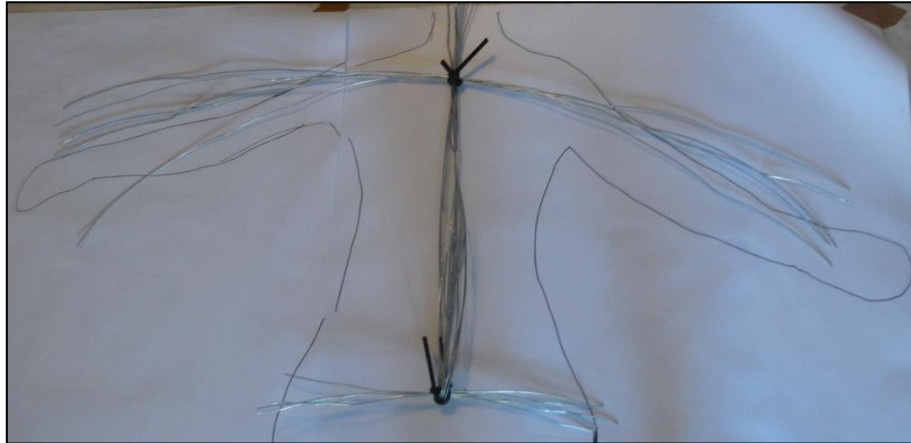


- Paso siguiente, en el dobléz antes mencionado se colocarán cinco (5) tramos de alambre, de manera horizontal, para simular lo que sería la cadera.



AUTOR: MARCOS MEDINA

- Luego en la zona de los brazos se colocan cinco (5) tramos de alambre simulando los brazos del muñeco. Así mismo se colocan dos (2) precintos para asegurar la unión entre los alambres, de lo que representaría la unión de la columna vertebral con la cadera y la



misma con los brazos.

- Como último se colocan de cinco (5) a siete (7) tramos de alambre en la zona de las piernas, con dobles para sustentar la cadera, con sus respectivos precintos.



AUTOR: MARCOS MEDINA

- Paso siguiente, se procede a colocar la cabeza sobre la conjunción de alambres que forman la columna, la cual es de material de telgopor ahuecada en su base y para adherirla se agrega yeso marca Paris en su interior. Se procedió de la misma manera con las manos, las cuales son de material de goma dura, se agrega yeso por dentro y se encastra con la conjunción de alambres de los brazos del muñeco, reproduciendo al mismo tiempo los cinco (5) dedos de la mano humana. Luego, en cada zona de articulaciones, unión de tronco y brazos y cadera con piernas, se procede a colocar de tres (3) a (4) precintos para asegurar la sucesión de alambres. Como último paso, para la confección definitiva del cuerpo del muñeco, se colocan 45kg (cuarenta y cinco kilogramos) de estopa y se cubre por completo, para su contención, con una malla de cuerpo entero, similar a las mallas que utilizan los bailarines de danza clásica. Esto le dio contención al alambre que estaba cubierto de estopa y simula la contextura de un cuerpo humano estándar.





SUBE Y BAJA: Para la realización de la experiencia se irá un día al Parque Primavese de la ciudad de Mar del Plata para realizar dichas experiencias.

EMDER: Para realizar la filmación de personal entrenado para la realización de saltos olímpicos, se procederá a pedir un permiso verbal al Director de la Pileta Olímpica de la Sede Natatorio Alberto Zorrilla del EMDER, sita en calle Avenida Juan B. Justo Numeral 3759 de la ciudad de Mar del Plata, y asimismo se solicitará permiso a la Profesora de los días Martes y Jueves a las 19:30HS. de la pileta olímpica, Mariana Montes, y a los alumnos que se prestarán para realizar dichos saltos olímpicos.

DOMICILIOS PARTICULARES: Para la realización de las caídas de altura, se solicitará permiso en determinadas viviendas de gente conocida por los tesisistas para hacer uso de una ventana y un balcón para documentar y registrar lo antes mencionado.

FACULTAD DE DERECHO (UNMDP): Finalmente, para la realización de las caídas de altura, se solicitará permiso por escrito a la Dr. Verónica Hourquebie, Secretaria de Coordinación de la Facultad de Derecho perteneciente a la Universidad Nacional de Mar del Plata, para hacer uso de las aulas del segundo, cuarto y quinto piso, las cuáles poseen ventanas que se encuentran hacia el patio interno de dicha entidad, para documentar y registrar lo antes mencionado.

## **HIPOTESIS**

---

Es posible establecer etiología homicida o suicida en hechos de caída libre con la ayuda de cálculos físico-matemáticos.

## **DISEÑO METODOLOGICO**

---

La técnica elegida para el abordaje empírico de la presente Investigación estará basada en la reproducción en condiciones preestablecidas para la documentación fotográfica y fílmica de las pruebas.

Se consultó al Dr. Gustavo F. Arenas sobre la posible reproducción de laboratorio para las pruebas de caída libre y su estudio minucioso en el área física-matemática.

Una vez obtenidos toda la información y elementos necesarios para la investigación, se pretende abordar con el asesoramiento profesional estableceremos:

- Mediante la filmación de los saltos olímpicos de personas desde el natatorio municipal, se determinará el ángulo de impacto que se genera al lanzarse desde una determinada altura y con una determinada distancia.
- Por último, contando con el valor del ángulo y la distancia de impacto, se calculará la altura lanzando desde diversas alturas el muñeco de prueba en cuestión.

## MARCO TEORICO

---

### FISICA

La RAE (Real Academia Española) define a la palabra Física a la Ciencia que estudia las propiedades de la materia y de la energía, y las relaciones entre ambas.

### CAIDA LIBRE

#### GALILEO GALILEI

Primeramente es necesario dar una breve definición sobre la caída libre. Galileo Galilei definió la caída libre como los objetos que se mueven con libertad bajo la influencia de la gravedad donde poseen una aceleración constante a medida que se desplazan. Su objetivo era encontrar una regla general que describiera cómo aumentan las distancias con el tiempo de caída. Por lo que llegó a la conclusión:

$$y \propto t^2$$

Donde se puede establecer que el símbolo  $\propto$  expresa *es proporcional a*, en otras palabras, la distancia recorrida es proporcional al tiempo al cuadrado. Por lo tanto dicha relación es una constante de proporcionalidad y no depende de la naturaleza del objeto o sujeto. Entonces:

$$y = k.t^2$$

En otras palabras cuando un objeto se suelta desde el reposo, es decir,  $y_0 = 0$ , cuya velocidad inicial es igualmente reposo,  $v_0 = 0$ , la ecuación se reduce a:

$$y = \frac{1}{2}a.t^2$$

A partir de aquí es que se puede establecer la constante  $k = \frac{1}{2}a$ , afirmando así que todos los cuerpos caen con la misma aceleración. Dicha aceleración es denominada así a la **aceleración de la gravedad**, la cual se la define como **g**, donde

AUTOR: MARCOS MEDINA

para redondear se utilizará el valor  $9.82\text{m/s}^2$ , y es propiamente una consecuencia de la ley natural.

Cabe aclarar que a los fines de la presente tesis la resistencia del aire es depreciable por lo que no se la tomará en cuenta ya que el peso del muñeco de pruebas es lo suficientemente pesado como para verse afectado por tal.

Con esta breve definición y explicación de caída libre es obligatorio definir las distintas ramas de la Física que involucran este fenómeno. En primer lugar está la Cinemática:

## CINEMATICA

### DEFINICION

La RAE (Real Academia Española) define a la palabra Cinemática a la rama de la Física que estudia el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen.

### CAIDA LIBRE - POSICIÓN FINAL SOBRE EL EJE Y

Por lo que en la presente tesis la caída libre puede ser expresada de un modo unidimensional, es decir, meramente sobre el **eje y**. Para poder establecer la **posición final** ( $y_f$ ) que cae el sujeto de pruebas o definido como *partícula*, según bibliografía consultada, se define como:

$$y_f = y_i - v_{iy} + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Donde la **posición inicial** ( $y_i$ ) es considerada 0 (cero), ya que a los fines experimentales son definidos de tal forma. La **velocidad inicial en el eje y** ( $v_{iy}$ ), también considerada 0 (cero) por el hecho de que la partícula se halla en reposo previo al salto. **g**, como se expresó con anterioridad pertenece a la **aceleración de la gravedad** ( $9.82\text{m/s}^2$ ),  $t^2$  siendo definido como el **tiempo de caída al cuadrado**. Tal como se observa, es el mismo cálculo anteriormente expuesto definido por Galileo Galilei:

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Esto se debe que al ser la **posición final** y **velocidad final** valores nulos, estos se cancelan y no afectan en la ecuación. También cabe destacar que en el **eje y** es negativo ya que la **posición inicial** es definida como 0, por lo que la *partícula* al ser desplazada hacia abajo, tiene como consecuencia un valor negativo.

### CAIDA LIBRE - VELOCIDAD SOBRE EL EJE Y

La velocidad es definida como la rapidez con la que la *partícula* cambia de posición al transcurrir el tiempo. Por lo que el cálculo es definido como:

$$v_{fy} = v_{iy} + g.t$$

La caída libre desde un punto de vista cinemático también puede ser definido de forma **bidimensional**. Por un lado tenemos el **eje y**, ya definido con anterioridad y luego el **eje x**. Cabe destacar que el rozamiento es depreciable (0) en este tipo de experimentos tal como fue mencionado en el comienzo de la presente tesis.

### CAIDA LIBRE - TIEMPO

Para calcular el tiempo se despeja de la ecuación antes mencionada:

$$v_{fy} - v_{iy} = g.t$$

Entonces:  $\Delta v = v_{fy} - v_{iy}$

$$\Delta v = g.t$$

$$\frac{\Delta v}{g} = t$$

### CAIDA LIBRE - POSICIÓN FINAL SOBRE EL EJE X

$$x_{fy} = x_i + v_{ix} \cdot t_{caída}$$

En este caso la **posición inicial sobre el eje x** ( $x_i$ ) nuevamente se lo considera 0 (cero) porque la *partícula* se encuentra en reposo. La **posición final** ( $x_f$ ) es un valor totalmente medible a los fines de dicha tesis, lo mismo sucede con el tiempo ( $t_{caída}$ ).

### CAIDA LIBRE – VELOCIDAD SOBRE EL EJE X

En base a la ecuación antes planteada es posible establecer la **velocidad inicial** ( $v_{ix}$ ) ya que como fue definido anteriormente, la **posición final** y el **tiempo** son totalmente medibles. El primero de ellos desde el lugar donde se realizaron las experimentaciones y el segundo, por medio de la visualización de los videos grabados.

$$\frac{x_{fy}}{t_{caída}} = v_{ix}$$

Al iniciar el movimiento, sea por la acción de un agente externo o por acción de la fuerza impulsiva del individuo, el cuerpo adquiere una velocidad en este eje que no debiera modificarse significativamente en las alturas que serán objeto de estudio en la presente tesis.

$$V_x = \text{constante} = 0$$

El rozamiento del aire, el viento, y cualquier telón interpuesto, entre otros, podrían alterar la **velocidad** en dicho eje ( $V_x$ ) a mayor altura, y así ocasionando una desaceleración.

### DINAMICA

La RAE (Real Academia Española) define a la palabra Dinámica a la rama de la mecánica que trata las leyes del movimiento en relación con las fuerzas que lo producen.

La segunda ley de Newton del movimiento en Dinámica es relevante, por lo que esta establece que el **trabajo** (**W**) efectuado por una **fuerza** (**F**) que obra sobre una *partícula* al

AUTOR: MARCOS MEDINA

moverse de un punto a otro (**distancia recorrida, d**) es igual al cambio de energía cinética de la partícula. Lo cual, esto expresado en forma de ecuación es:

$$W = F.d$$

### ENERGIA

Por lo tanto, sin **energía** no es posible realizar un **trabajo**. La RAE la define como “*La capacidad de realizar un trabajo y es medido en Joules*”. Existen dos tipos de energía, la **energía cinética** ( $E_C$ ) y **energía potencial** ( $E_P$ ).

### LEY DE CONSERVACION DE LA ENERGIA

Dicha ley establece que la energía se puede transformar de una clase a otra, pero no es posible crearla ni destruirla; la energía total es constante.

### ENERGIA CINETICA

El **trabajo** siempre se ve afectado a medida que la **fuerza** aumenta, al ocurrir esto, la **velocidad de la partícula** también aumenta. Entonces, a la **energía cinética** se la define como:

$$E_C = \frac{1}{2}.m.v^2$$

Donde **m** es la **masa** de la *partícula*. Al estar la **energía cinética** y el **trabajo** relacionados, es posible definir:

$$W = F.d$$

$$W = E_C$$

$$F.d = \frac{1}{2}.m.v^2$$

### ENERGÍA POTENCIAL

La *partícula* con determinada **masa (m)** realiza un **trabajo** para vencer la **gravedad**, por lo que en el momento que esta se encuentra cayendo posee una determinada energía, esta es definida como **energía potencial (E<sub>p</sub>)**. Donde la energía es transferida y posee una energía diferente al variar su altura. Entonces, el cálculo es definido como:

$$E_p = m.g.h$$

Tal como sucede con la **energía cinética**, y además de ser la misma, por el **principio de conservación de energía**, antes definido, está relacionada con el **trabajo**. Sabiendo que el trabajo es:

$$W = F.d$$

Definiendo en este caso que la **distancia** es la **altura (h)**.

$$W = F.h$$

$$W = E_p$$

$$F.h = m.g.h$$

Con los cálculos de **energía cinética** y **potencial** antes mencionados, es posible calcular la **velocidad final** ya que la energía siempre se conserva.

$$\Delta_{E_i} = E_p + E_c = m.g.h$$

$$\Delta_{E_f} = E_p + E_c \sim \frac{1}{2}.m.v_{fy}^2$$

$$\Delta_{E_i} = \Delta_{E_f}$$

$$\cancel{m}.g.h = \cancel{\frac{1}{2}}.m.v_{fy}^2$$

$$g.h = \frac{1}{2}.v_{fy}^2$$

$$2.g.h = v_{fy}^2$$

$$\sqrt{(2.g.h)} = v_{fy}$$



AUTOR: MARCOS MEDINA

### EXPERIMENTACION

Para concluir con el marco teórico, lo que se pretende obtener es:

- **h:** altura. La cual es conocida ya que se realizarán las pruebas a diversas alturas.
- **x<sub>i</sub>, x<sub>f</sub>:** posiciones iniciales y finales. Las cuáles serán igualmente medidas.
- **t:** tiempo de la caída, será definido por medio de distintos cálculos y el estudio de las imágenes procesadas.
- **v<sub>f</sub>y:** velocidad final en el **eje y** haciendo uso distintas ecuaciones, las cuales fueron mencionadas en el desarrollo de esta sección.
- **θ:** ángulo de impacto, el cual es el más importante en lo que permitirá o no establecer la etiología. El mismo será calculado:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x_f}{h}$$

Este último cálculo ha sido definido en el libro "*Essential Mathematics and Statistics for Forensic Science*", *Cap. 4.2 The trigonometric functions*, pág. 98. El cual se presupone que contribuirá en la determinación de la etiología.

## **MUERTE Y SU CLASIFICACION**

La muerte es un proceso y no un suceso. No es un instante o un momento porque todos los tejidos no mueren al mismo tiempo. Para definirla con mayor exactitud, se dice que la muerte es el cese definitivo e irreversible de las funciones vitales respiratorias, cardiovasculares y nerviosa (*triada de Bichat*).

Las formas médico legales de la muerte se definen según:

- **CAUSA:** representada por el elemento o condición patológica que desencadena los sucesos fisiopatológicos que llevan a la muerte. Por ejemplo: herida de arma de fuego, herida de arma blanca, entre otras.
- **MECANISMO:** es la sucesión de los acontecimientos fisiopatológicos determinados por una causa determinada. Por ejemplo: hemorragia con shock hipovolémico que sucede a una herida de arma blanca en el tórax.
- **FORMA O MANERA DE LA MUERTE:** está relacionada con las circunstancias que llevaron a la muerte. Importa, porque puede llevar a la práctica de la autopsia médico legal. A su vez puede ser:
  - **Natural:** todo lo que sea causada por procesos biológicos propios de los seres humanos. Por ejemplo: infarto, vejez, infecciones, entre otros.
  - **Violenta:** incluye homicidio, suicidio y muerte accidental, siendo esta última la producida por un hecho que no ha podido ser previsto o que previsto no ha podido evitarse.
  - **De causa dudosa:** es aquella en la que, de los acontecimientos obtenidos de los familiares, de los datos en el lugar en que fue hallado el cadáver y del examen externo del mismo, no surge de la manera clara la causa de la muerte.

AUTOR: MARCOS MEDINA

### **MUERTE VIOLENTA**

En lo que respecta a la presente tesis, se utilizará el concepto de muerte violenta definida por el Dr. Osvaldo H. Raffo en su libro denominado “*La Muerte Violenta*”.

*“... aquella en que dicho interrogante está implícito en penitencia. Corresponde a suicidio, homicidio y accidente.”*

El Dr. José Patitó definió las palabras *suicidio* y *homicidio* de la siguiente manera:

### **ETIOLOGIA SUICIDA**

*“... la palabra de raíz latina que deriva de los términos “sui” y “caedere”, que significan “uno mismo” y “matar” por lo que es “la muerte violenta de un individuo”.*

### **ETIOLOGIA HOMICIDA**

*“... la palabra de raíz latina que deriva de los términos “homo” y “caedere”, que significan “hombre” y “matar”, que puede definirse como un acto en virtud del cual una persona da muerte a otra fuera de las condiciones jurídicas que legitimen”.*

## **EXPERIMENTACIONES**

---

### **1. EXPERIMENTACION EN NATATORIO MUNICIPAL (EMDER)**

#### **1.a. RELEVAMIENTO DE LOS DATOS REQUERIDOS PARA LA EXPERIMENTACION CON PLATAFORMA CON SUJETO REAL**

Lo primero que se realizó fue obtener las dimensiones de la piscina, sobre sólo lo que se requería para la experimentación. Por lo que se obtuvo un largo de 6m (seis metros), desde el inicio de la misma hasta la primer línea de bollas divisoria del sector de las plataformas.

Se consultó a los instructores de salto olímpico, Emilia Di Scala y Marcelo D'Amico, acerca de las distintas alturas que las plataformas poseían. Se nos ha informado que las distintas plataformas poseen una altura de 1m (un metro), 3m (tres metros), 5m (cinco metros), 7,50m (siete metros con cincuenta) y 10m (diez metros) respectivamente.

Para la realización de los distintos saltos se requería la ayuda de personal entrenado, por lo que el instructor solicitó la ayuda de uno de sus estudiantes. En este caso fue Lucía, quién aceptó gratamente en la contribución de la presente tesina.

Se solicitó que, sobre las diferentes plataformas antes mencionadas a excepción de la de 10m por razones personales de ella, realizara distintos saltos del estilo denominado *de palito*. Así denominado como el estilo en el que el cuerpo cae por atracción de la gravedad, y el sujeto posee sus extremidades superiores extendidas sobre ambos lados del cuerpo.

- En primer término, la realización de un salto desde el extremo de la plataforma. Cuya finalidad es la simulación de un caso de suicidio, donde la persona no posee ningún tipo de impulso alguno.
- En segundo término, la realización de un salto, pero previo a esto, un breve trote sobre la plataforma y luego saltar sobre dicho extremo. La cual, su finalidad reside en la simulación de un salto homicida. Esto se debe a que cuando la persona es forzada a realizar el salto, el victimario empuja a la víctima por lo que esto provocaría un ángulo que la haría caer a una distancia mayor de la que fue impulsada.

Ambos saltos son teorías han sido desarrolladas por los tesisistas, además de haber sido consultadas y asesoradas por el Dr. Gustavo F. Arenas.

### **1.b. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para la documentación de la siguiente experimentación se hicieron uso de cámaras digitales. La primera de ellas marca SONY, modelo DSC-W570, la cual se encontraba colocada sobre un trípode cuya altura máxima es de 1,28m (un metro con veintiocho). La segunda cámara digital es marca CANON, modelo PhotoShot XS50 HS, la cual se encontraba en posesión del tesisista Marcos Medina para la toma de imágenes. Las cámaras se encontraban, una del lado izquierdo a las plataformas, y la otra, al derecho, para la mejor toma de imágenes desde tales ángulos.

Luego, para el procesamiento de las imágenes y posterior edición, se utilizó el software de diseño gráfico denominado Adobe Photoshop CS6 y Media Player Classic para la visualización y toma de imágenes de las grabaciones visuales realizadas.

### **1.c. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:**

Las siguientes experimentaciones que serán desarrolladas a continuación, han sido determinadas de la siguiente manera:

- Compaginación de imágenes obtenidas: nuevamente con el reproductor multimedia, Media Player Classic se tomaron imágenes del momento exacto donde nuestro sujeto realiza el salto, y donde hace contacto con el agua. Para luego ser combinadas por medio del software Adobe Photoshop.
- Largo del extremo de la piscina a la primer línea de bollas sobre el sector de las plataformas en pixeles: con el uso de Adobe Photoshop, se realizó una línea recta desde el inicio de la piscina hasta la primer línea bollas, donde conociendo que la distancia real es 6m, podemos establecer la relación en pixeles.
- Distancia entre posición inicial y final: para obtener este dato, se realizó nuevamente con la herramienta Photoshop y las imágenes ya procesadas, una línea recta entre la posición inicial y la final, a la cual se obtuvo la distancia en pixeles y luego por regla de

AUTOR: MARCOS MEDINA

tres simple obtuvimos la distancia en escala real. Para poder realizar esto fue necesario trazar además una línea vertical desde la zona de la posición inicial, hasta donde se cruzaba de forma perpendicular con la horizontal antes mencionada.

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

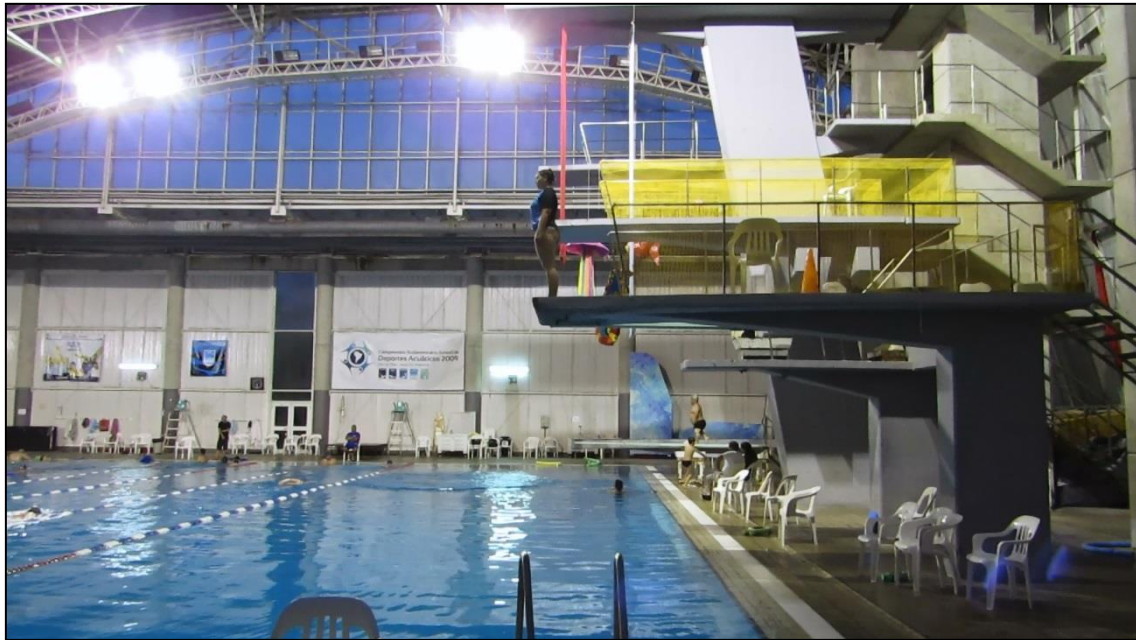
Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

- Ángulo de impacto: tal como fue explicado en el márco teórico, el ángulo de impacto fue obtenido por medio del siguiente cálculo:

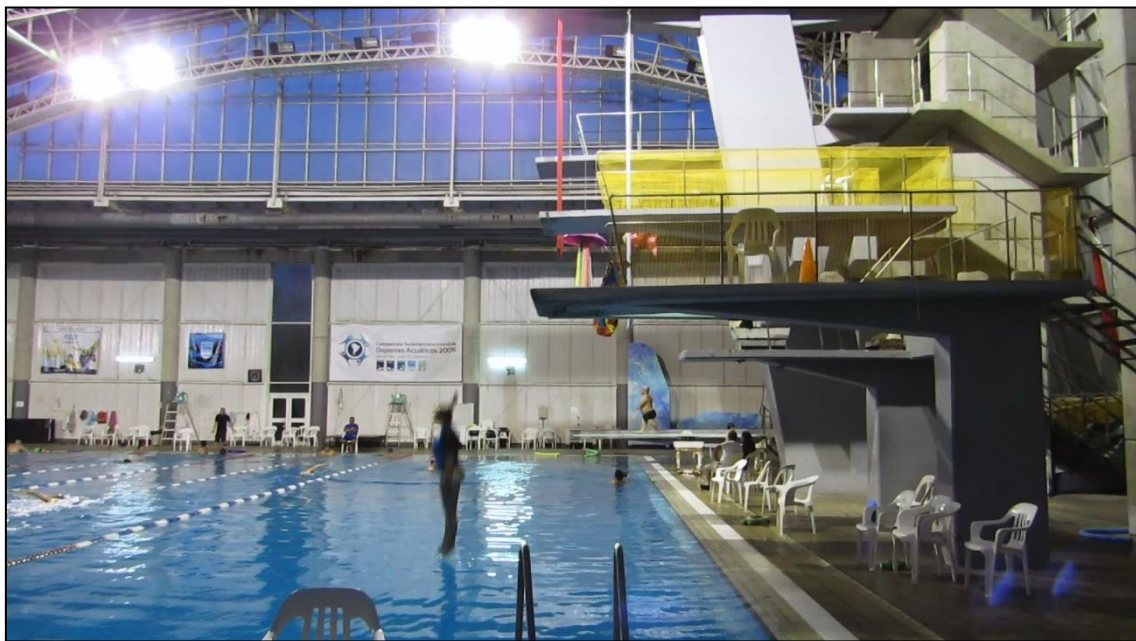
$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

- $\theta$ : siendo el ángulo de impacto.
- arcTg: arco tangente.
- x: representa la distancia entre la posición inicial y la final sobre el eje X.
- h: representa la altura desde la que el sujeto cae.

**EXPERIMENTACION 1.1.1: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA**



Experimentación 1.1.1: Caída Libre a 3m de altura, simulación suicida. Posición inicial.



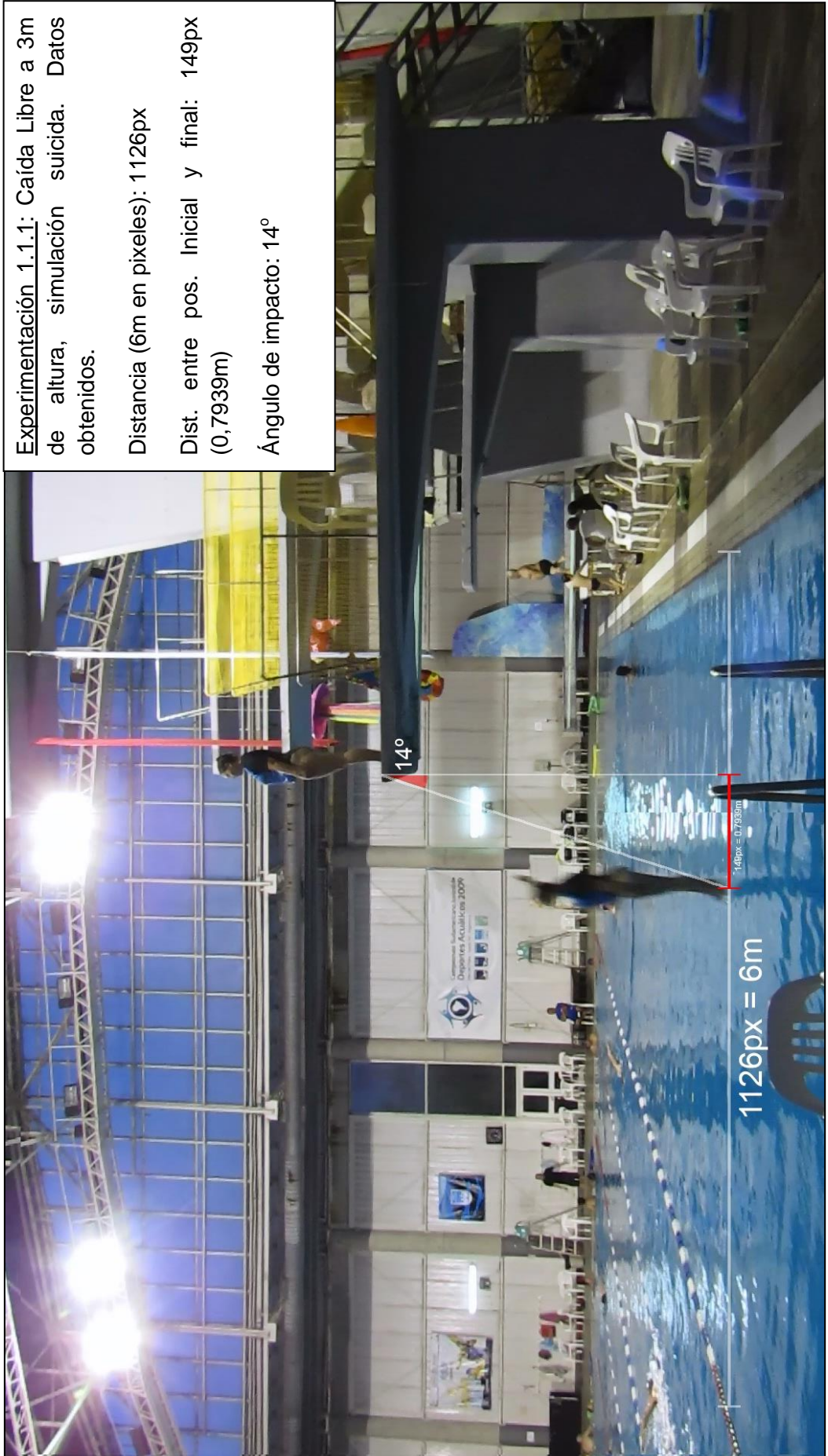
Experimentación 1.1.1: Caída Libre a 3m de altura, simulación suicida. Posición final.

Experimentación 1.1.1: Caída Libre a 3m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia (6m en pixeles): 1126px

Dist. entre pos. Inicial y final: 149px (0,7939m)

Ángulo de impacto: 14°





AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.1.1: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA –  
CALCULOS**

- Distancia entre posición inicial y final:

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

1126px. \_\_\_\_\_ 6m

149px. \_\_\_\_\_ **X = 0,7939m**

- Ángulo de impacto:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{0,7939\text{m}}{3\text{m}}$$

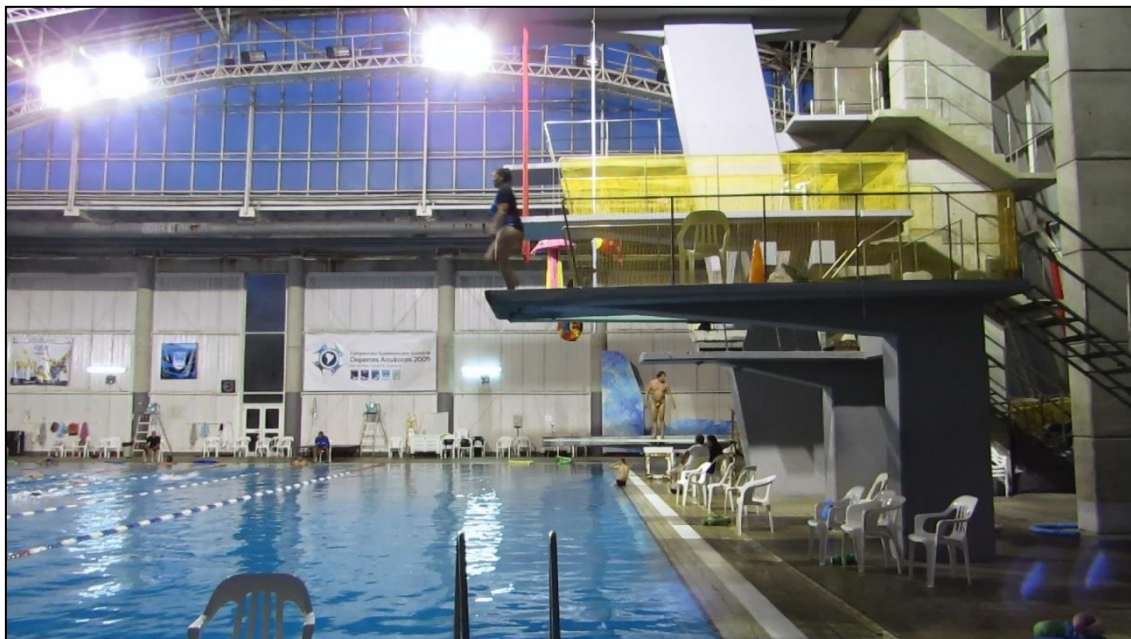
$$\theta = \text{arcTg} 0,2646$$

$$\theta = 14.8225$$

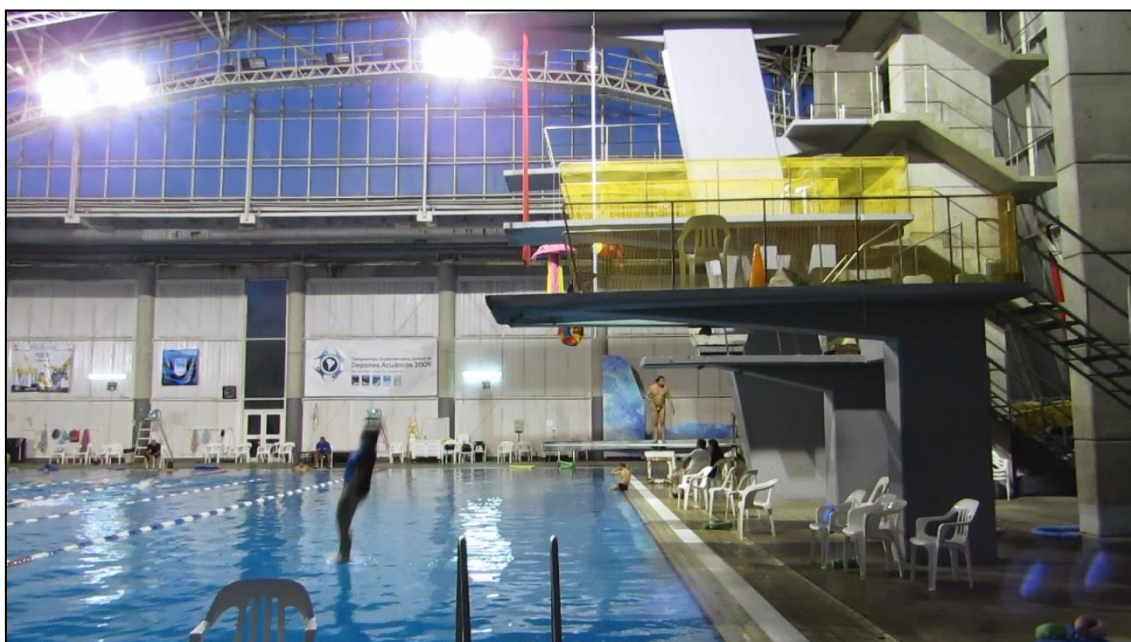
$$\theta = 14^\circ 49' 21''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.1.2: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA**



Experimentación 1.1.2: Caída Libre a 3m de altura, simulación homicida. Posición inicial.



Experimentación 1.1.2: Caída Libre a 3m de altura, simulación homicida. Posición final.

Experimentación 1.1.2: Caída Libre a 3m de altura, simulación homicida. Datos obtenidos.

Distancia (6m en pixeles): 1120px

Dist. entre pos. Inicial y final: 271px (1,4517m)

Ángulo de impacto: 25°



AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.1.2: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA –  
CALCULOS**

- Distancia entre posición inicial y final:

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

1120px. \_\_\_\_\_ 6m

271px. \_\_\_\_\_ **X = 1,4517m**

- Ángulo de impacto:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,4517m}{3m}$$

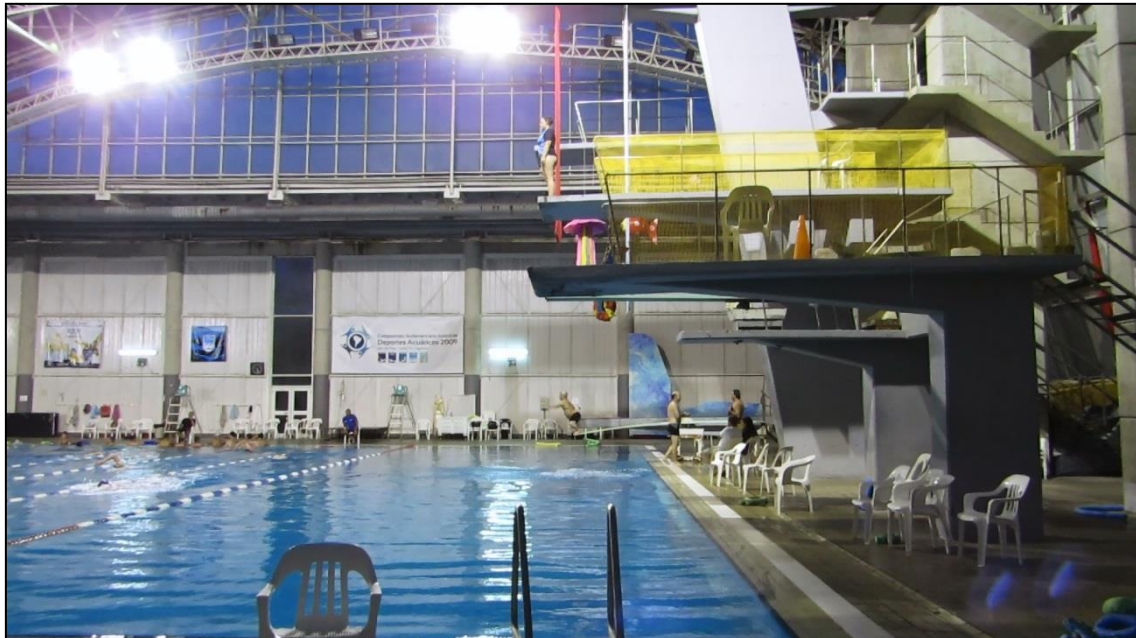
$$\theta = \text{arcTg} 0,4839$$

$$\theta = 25,8223$$

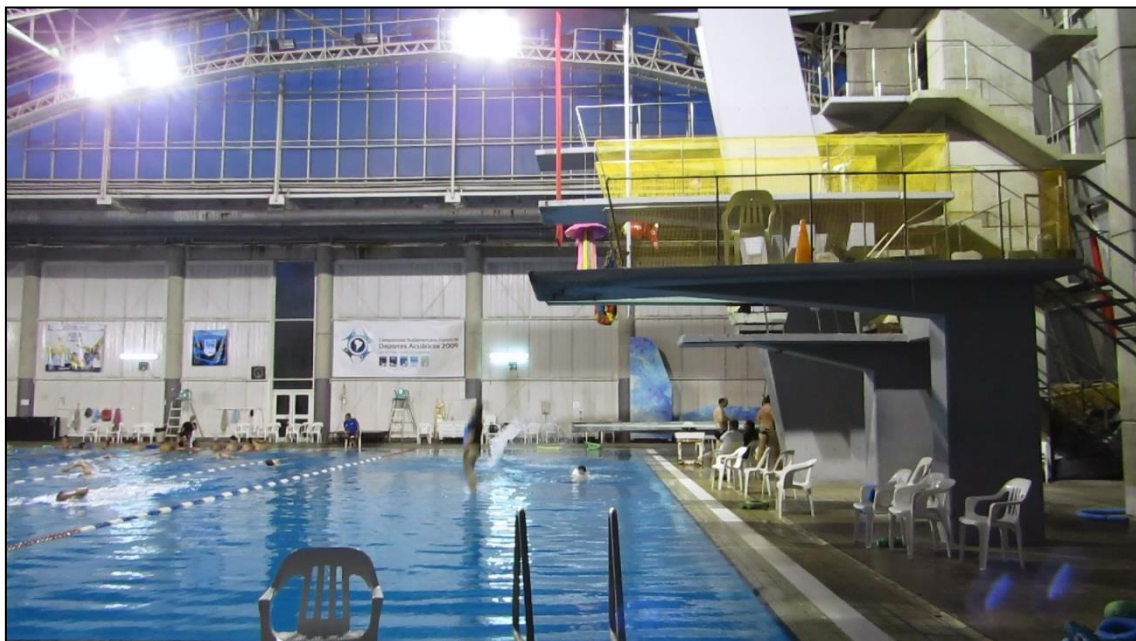
$$\theta = 25^\circ 49' 20''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

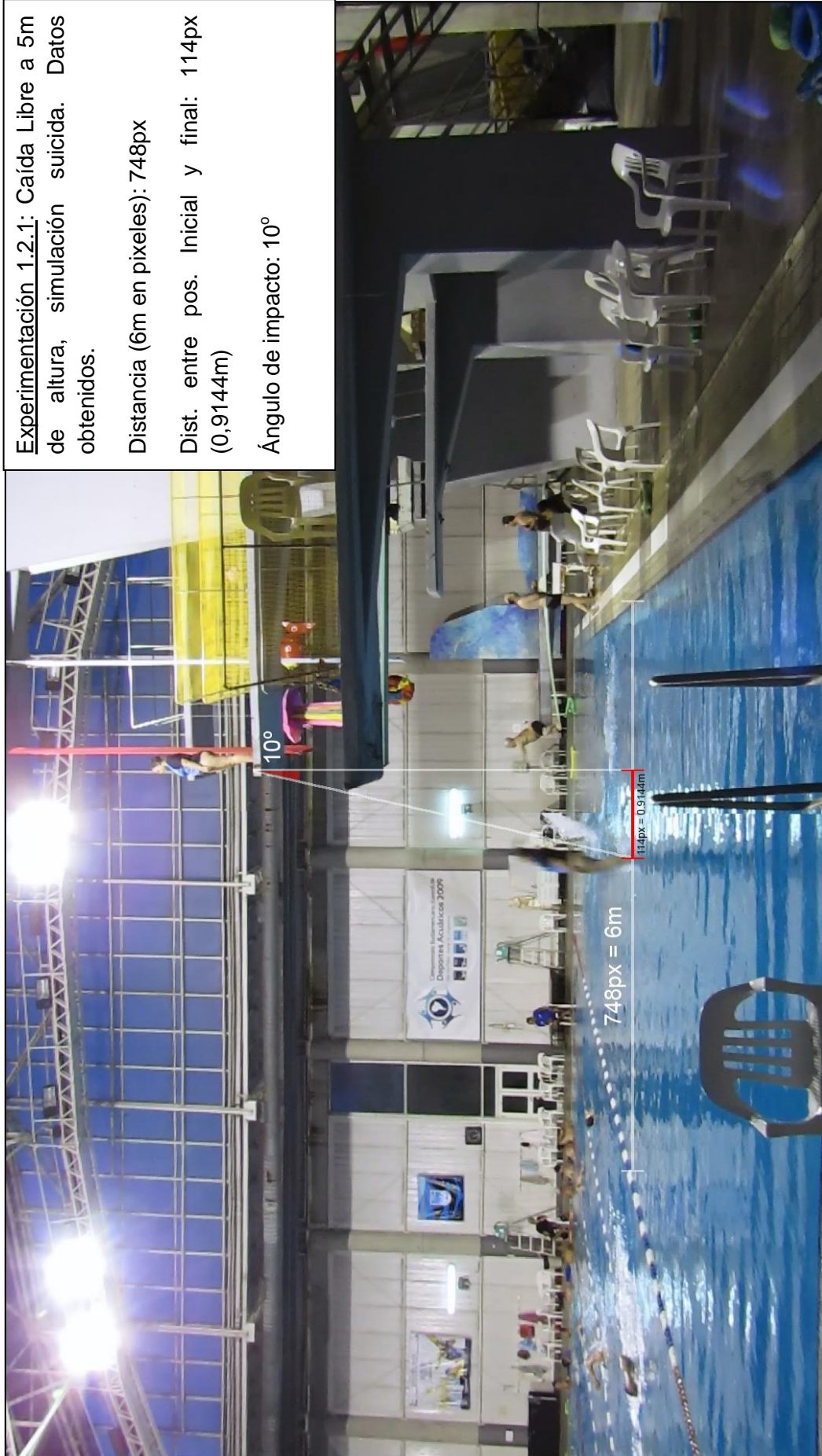
**EXPERIMENTACION 1.2.1: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA**



Experimentación 1.2.1: Caída Libre a 5m de altura, simulación suicida. Posición inicial.



Experimentación 1.2.1: Caída Libre a 5m de altura, simulación suicida. Posición final.



AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.2.1: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA –  
CALCULOS**

- Distancia entre posición inicial y final:

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

748px. \_\_\_\_\_ 6m

114px. \_\_\_\_\_ **X = 0,9144m**

- Ángulo de impacto:

$$\theta = \text{arcTg } \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg } \frac{0,9144\text{m}}{5\text{m}}$$

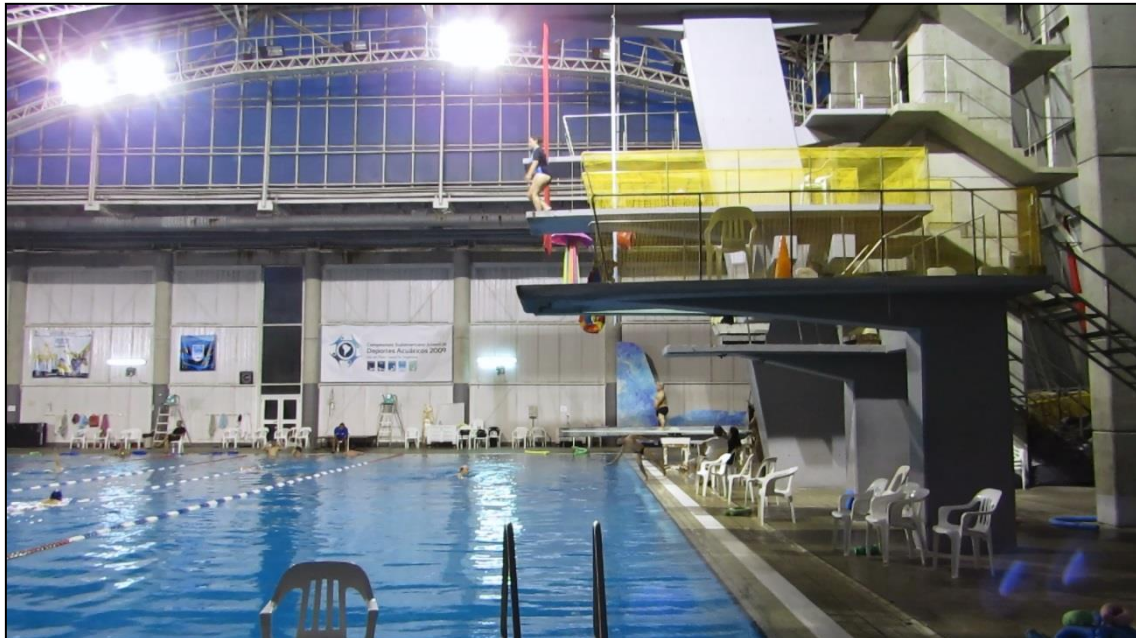
$$\theta = \text{arcTg } 0,18288$$

$$\theta = 10,3637$$

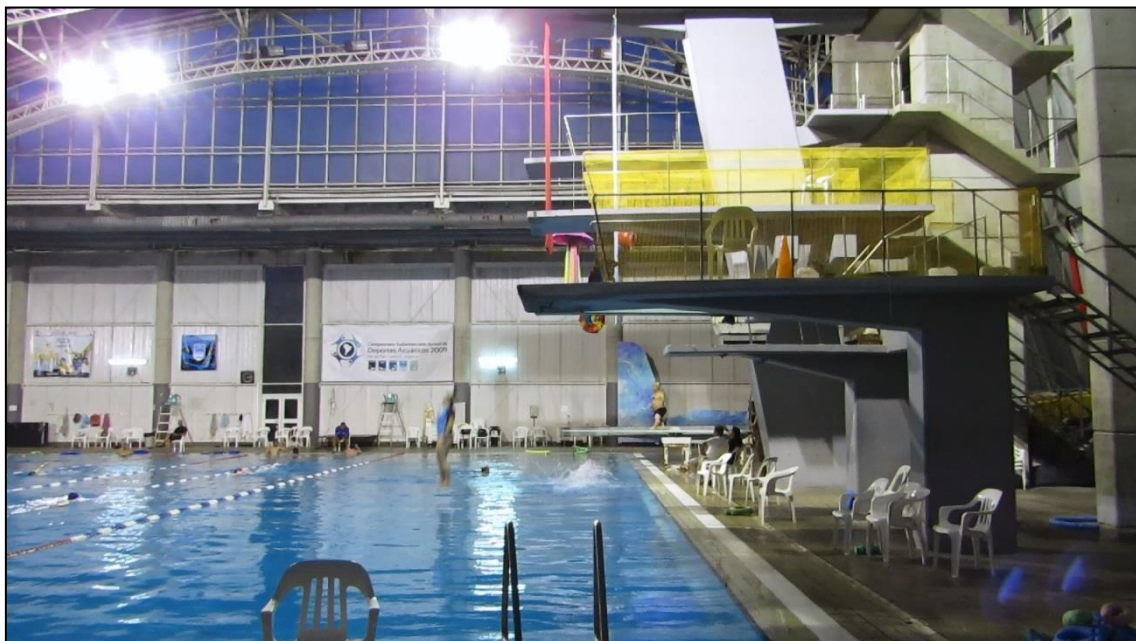
$$\theta = 10^\circ 21' 49''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.2.2: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA**



Experimentación 1.2.2: Caída Libre a 5m de altura, simulación homicida. Posición inicial.



Experimentación 1.2.2: Caída Libre a 5m de altura, simulación homicida. Posición final.

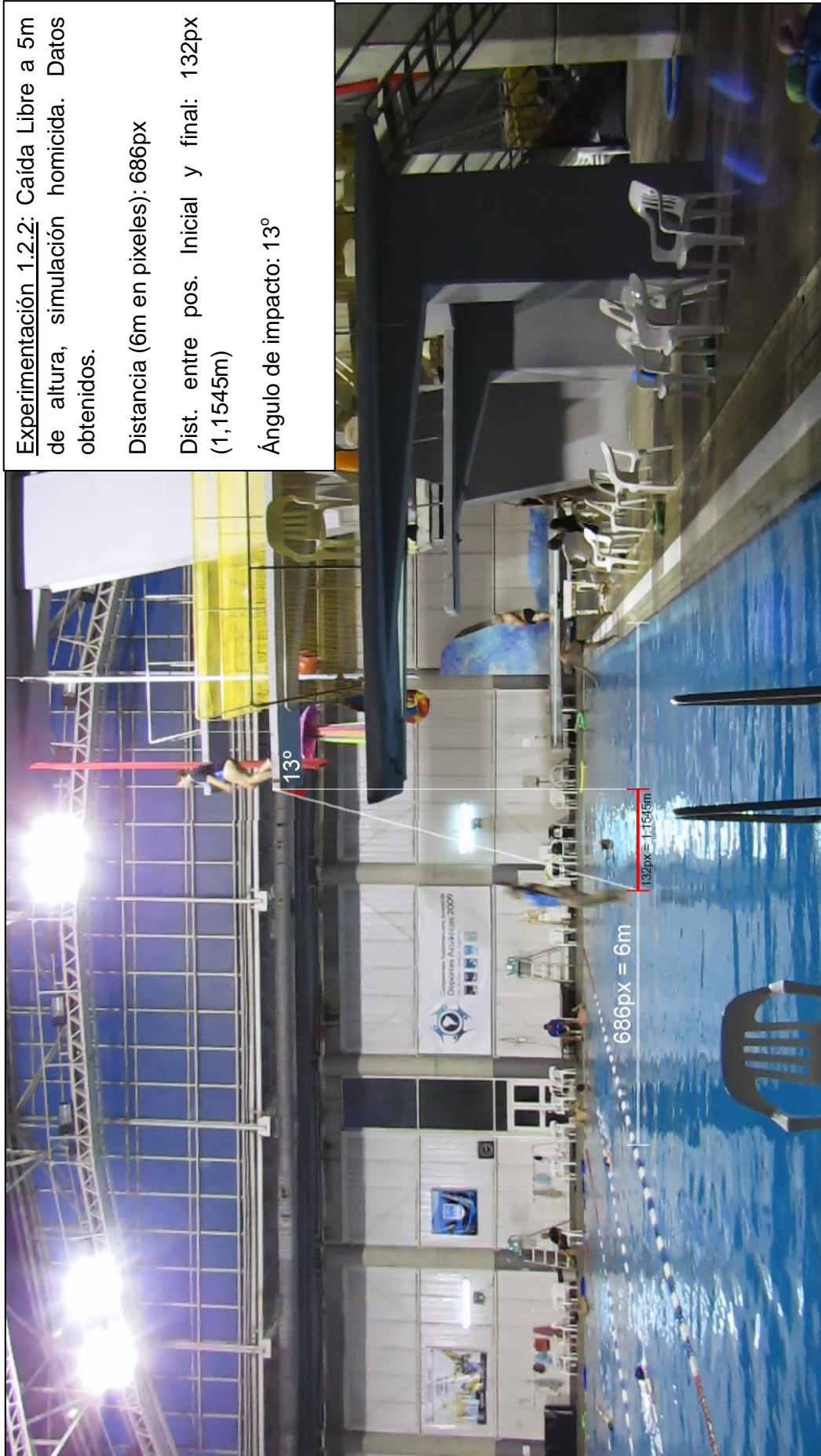


Experimentación 1.2.2: Caída Libre a 5m de altura, simulación homicida. Datos obtenidos.

Distancia (6m en pixeles): 686px

Dist. entre pos. Inicial y final: 132px (1,1545m)

Ángulo de impacto: 13°



AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.2.2: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA, SIMULACION HOMICIDA –  
CALCULOS**

- Distancia entre posición inicial y final:

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

686px. \_\_\_\_\_ 6m

132px. \_\_\_\_\_ **X = 1,1545m**

- Ángulo de impacto:

$$\theta = \text{arcTg } \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg } \frac{1,1545\text{m}}{5\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg } 0,2309$$

$$\theta = 13,0017$$

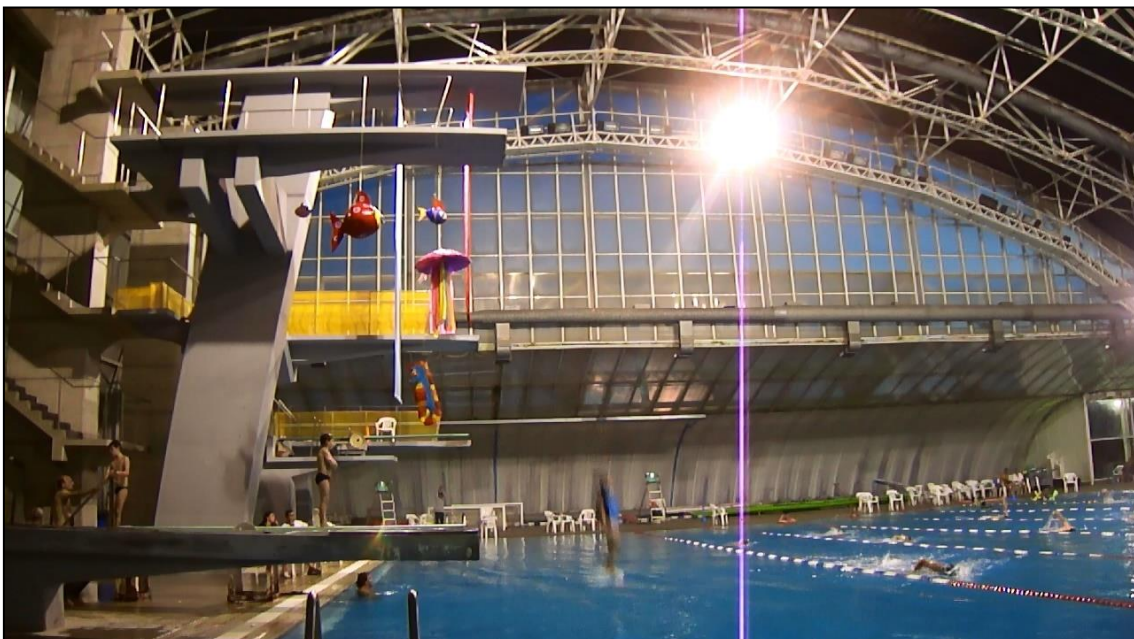
$$\theta = 13^\circ 00' 06''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.3.1: CAIDA LIBRE A 7,5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA**



Experimentación 1.3.1: Caída Libre a 7,5m de altura, simulación suicida. Posición inicial.



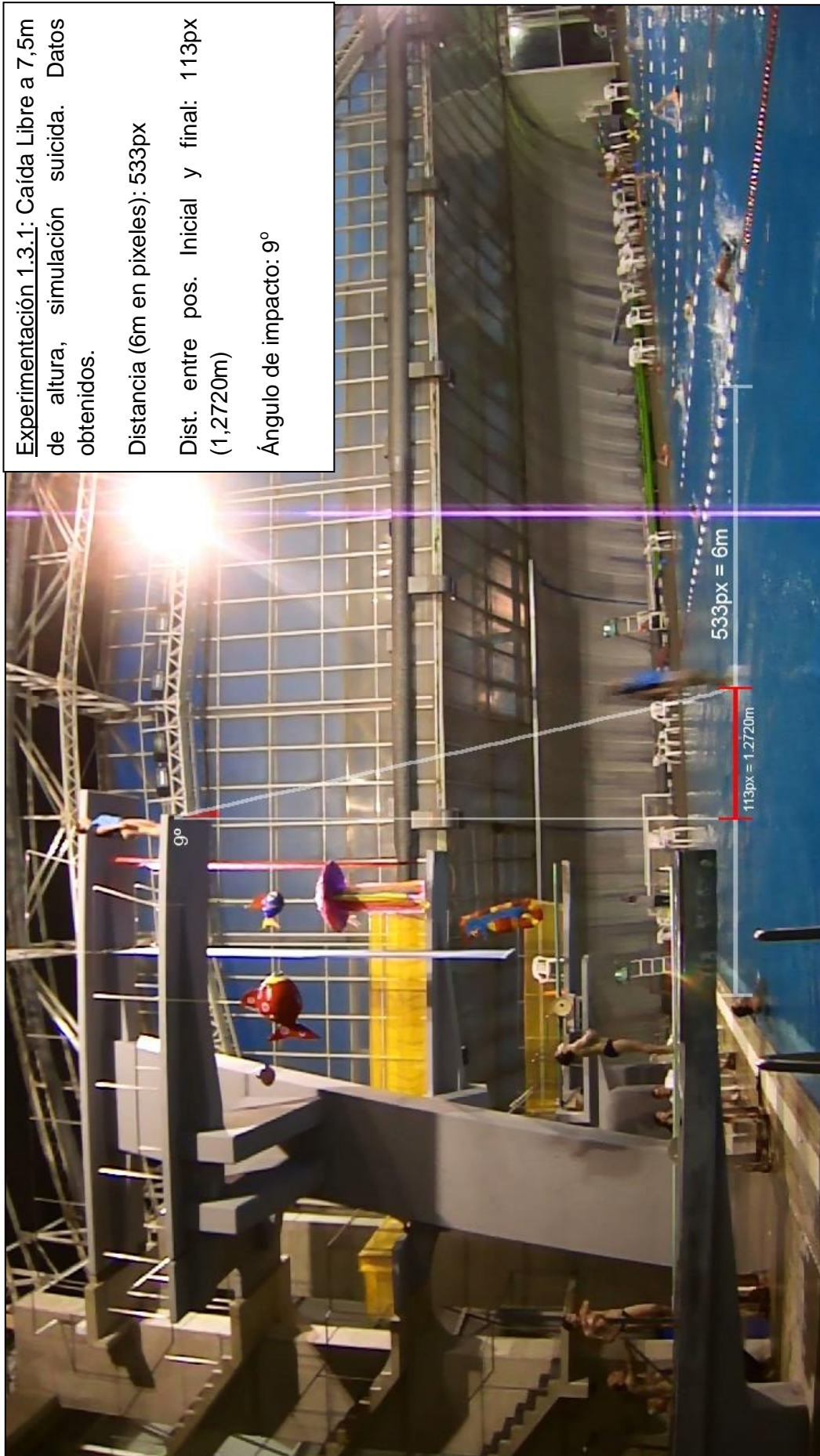
Experimentación 1.3.1: Caída Libre a 7,5m de altura, simulación suicida. Posición final.

Experimentación 1.3.1: Caída Libre a 7,5m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia (6m en pixeles): 533px

Dist. entre pos. Inicial y final: 113px (1,2720m)

Ángulo de impacto: 9°



AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 1.3.1: CAIDA LIBRE A 7,5M DE ALTURA, SIMULACION SUICIDA –  
CALCULOS**

- Distancia entre posición inicial y final:

6m en pixeles \_\_\_\_\_ 6m

Dist. entre pos. in. y final en pixeles. \_\_\_\_\_ X = Dist. en metros

533px. \_\_\_\_\_ 6m

113px. \_\_\_\_\_ **X = 1,2720m**

- Ángulo de impacto:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,2720\text{m}}{7,5\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,1696$$

$$\theta = 9,6257$$

$$\theta = 9^\circ 37' 32''$$

**EXPERIMENTACION 1: TABLAS INFORMATIVA**

NATATORIO MUNICIPAL (EMDER) CAIDA LIBRE: SUICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $v(2.g.h)$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_i+g.t$ )
3,00m	0,7939m	14° 49' 21"	7,68m/s	0,78s	7,68m/s
5,00m	0,9144m	10° 21' 49"	9,91m/s	1,01s	9,91m/s
7,50m	1,2720m	9° 37' 32"	12,14m/s	1,24s	12,14m/s

NATATORIO MUNICIPAL (EMDER) CAIDA LIBRE: HOMICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $v(2.g.h)$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_i+g.t$ )
3,00m	1,4517m	25° 49' 20"	7,68m/s	0,78s	7,68m/s
5,00m	1,1545m	13° 00' 06"	9,91m/s	1,01s	9,91m/s

## **2. EXPERIMENTACION EN DOMICILIO PARTICULAR**

Lo primero que se realizó fue obtener las medidas de las diversas alturas, la primer medida sobre una ventana y desde un balcón, de donde se procedió a realizar pruebas de caída libre con un muñeco de medidas estándar. Por lo que se obtuvo en cuanto a la ventana, una altura de 3,10m (tres metros con diez).

Se realizaron las siguientes caídas:

- En primer término, la realización de una caída sin fuerza externa ejercida, cuya finalidad es la simulación de un caso de suicidio, donde la persona no posee ningún tipo de impulso alguno.
- En segundo término, la realización de una caída, con una fuerza externa impulsada por los autores de dicha tesis. La cual, su finalidad reside en la simulación de un caso de homicidio. Esto se debe a que cuando la persona es forzada a realizar el salto, el victimario empuja a la víctima por lo que esto provocaría un ángulo que la haría caer a una distancia mayor de la que fue impulsada.

### **2.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para la documentación de la siguiente experimentación se hicieron uso de cámaras digitales. La primera de ellas marca CANON, modelo PhotoShot XS50 HS, la cual se encontraba en posesión de la ayudante Agostina Vitullo desde el techo del quincho dicha vivienda.

Luego, para el procesamiento de las imágenes y posterior edición, se utilizó el software de reproducción multimedia Media Player Classic para la visualización y toma de imágenes de las grabaciones visuales realizadas.

**2.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:**

Las siguientes experimentaciones que serán desarrolladas a continuación, han sido determinadas de la siguiente manera:

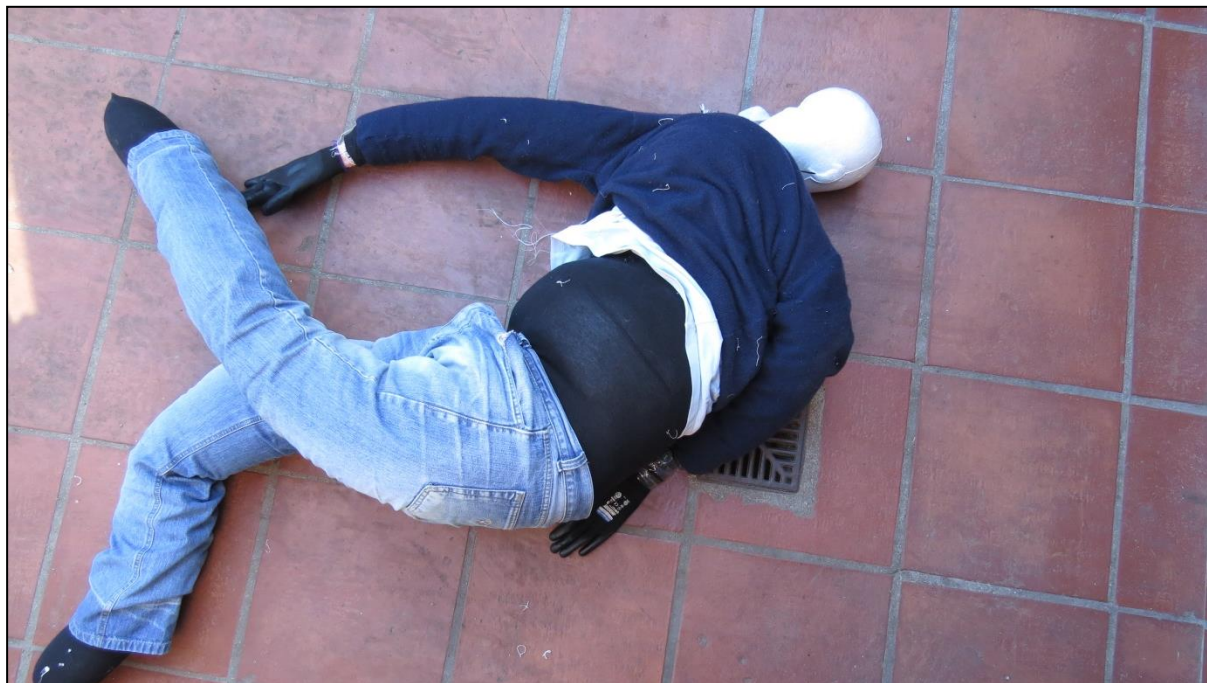
- Fotografía de posición inicial, vuelo y posición final del muñeco lanzado con altura.
- Distancia entre posición inicial y final: para obtener este dato, se realizó la medición en el lugar del hecho. Se tomó en cuenta la zona corporal que ha quedado más cercana a la pared (punto de partida para las mediciones).
- Ángulo de impacto: tal como fue explicado en el marco teórico, el ángulo de impacto fue obtenido por medio del siguiente cálculo:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

- $\theta$ : siendo el ángulo de impacto.
- arcTg: arco tangente.
- x: representa la distancia entre la posición inicial y la final sobre el eje X.
- h: representa la altura desde la que el sujeto cae.



**EXPERIMENTACION 2.1.1: CAIDA LIBRE A 3,10M, SIMULACION SUICIDA -  
CALCULOS**





Experimentación 2.1.1 (desde la cabeza): Caída Libre a 3,10m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 0,66m

Ángulo de impacto: 12°

- Ángulo de impacto (desde la cabeza):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{0,66\text{m}}{3,10\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,219$$

$$\theta = 12,019$$

$$\theta = 12^\circ 1' 8''$$

**EXPERIMENTACION 2.1.2: CAIDA LIBRE A 3,10M, SIMULACION HOMICIDA -  
CALCULOS**





Experimentación 2.1.2 (desde el pie izquierdo): Caída Libre a 3,10m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 0,515m

Ángulo de impacto: 9°

- Ángulo de impacto (desde el pie izquierdo):

$$\theta = \text{arcTg } \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg } \frac{0,515\text{m}}{3,10\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg } 0,66$$

$$\theta = 9,432$$

$$\theta = 9^\circ 25' 56''$$

**EXPERIMENTACION 2: TABLAS INFORMATIVA**

DOMICILIO PARTICULAR CAIDA LIBRE: SUICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $v(2.g.h)$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_{i+g.t}$ )
3,10m	0,6600m	12° 01' 08"	7,80m/s	0,79s	7,80m/s

DOMICILIO PARTICULAR CAIDA LIBRE: HOMICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $v(2.g.h)$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_{i+g.t}$ )
3,10m	0,5150m	9° 25' 56"	7,80m/s	0,79s	7,80m/s

### **3. EXPERIMENTACION EN DOMICILIO PARTICULAR II**

Lo primero que se realizó fue obtener las medidas de las diversas alturas, la primer medida sobre un balcón, de donde se procedió a realizar pruebas de caída libre con un muñeco de medidas estándar. Por lo que se obtuvo en cuanto al balcón, una altura de 5,20m (cinco metros con veinte).

Se realizaron las siguientes caídas:

- En primer término, la realización de una caída sin fuerza externa ejercida, cuya finalidad es la simulación de un caso de suicidio, donde la persona no posee ningún tipo de impulso alguno.
- En segundo término, la realización de una caída, con una fuerza externa impulsada por los autores de dicha tesis. La cual, su finalidad reside en la simulación de un caso de homicidio. Esto se debe a que cuando la persona es forzada a realizar el salto, el victimario empuja a la víctima por lo que esto provocaría un ángulo que la haría caer a una distancia mayor de la que fue impulsada.

#### **3.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para la documentación de la siguiente experimentación se hicieron uso de cámaras digitales. La primera de ellas marca CANON, modelo PhotoShot XS50 HS, la cual se encontraba en posesión de la ayudante Agostina Vitullo sobre acera de la mano de enfrente a la prueba.

Luego, para el procesamiento de las imágenes y posterior edición, se utilizó el software de reproducción multimedia Media Player Classic para la visualización y toma de imágenes de las grabaciones visuales realizadas.

**3.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:**

Las siguientes experimentaciones que serán desarrolladas a continuación, han sido determinadas de la siguiente manera:

- Fotografía de posición inicial, vuelo y posición final del muñeco lanzado con altura.
- Distancia entre posición inicial y final: para obtener este dato, se realizó la medición en el lugar del hecho. Se tomó en cuenta la zona corporal que ha quedado más cercana a la pared (punto de partida para las mediciones).
- Ángulo de impacto: tal como fue explicado en el marco teórico, el ángulo de impacto fue obtenido por medio del siguiente cálculo:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

- $\theta$ : siendo el ángulo de impacto.
- arcTg: arco tangente.
- x: representa la distancia entre la posición inicial y la final sobre el eje X.
- h: representa la altura desde la que el sujeto cae.

**EXPERIMENTACION 3.1.1: CAIDA LIBRE A 5,20M, SIMULACION SUICIDA -  
CALCULOS**







Experimentación 3.1.1 (desde el pie izquierdo): Caída Libre a 5,20m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 1,385m

Ángulo de impacto: 14°

- Ángulo de impacto (desde el pie izquierdo):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

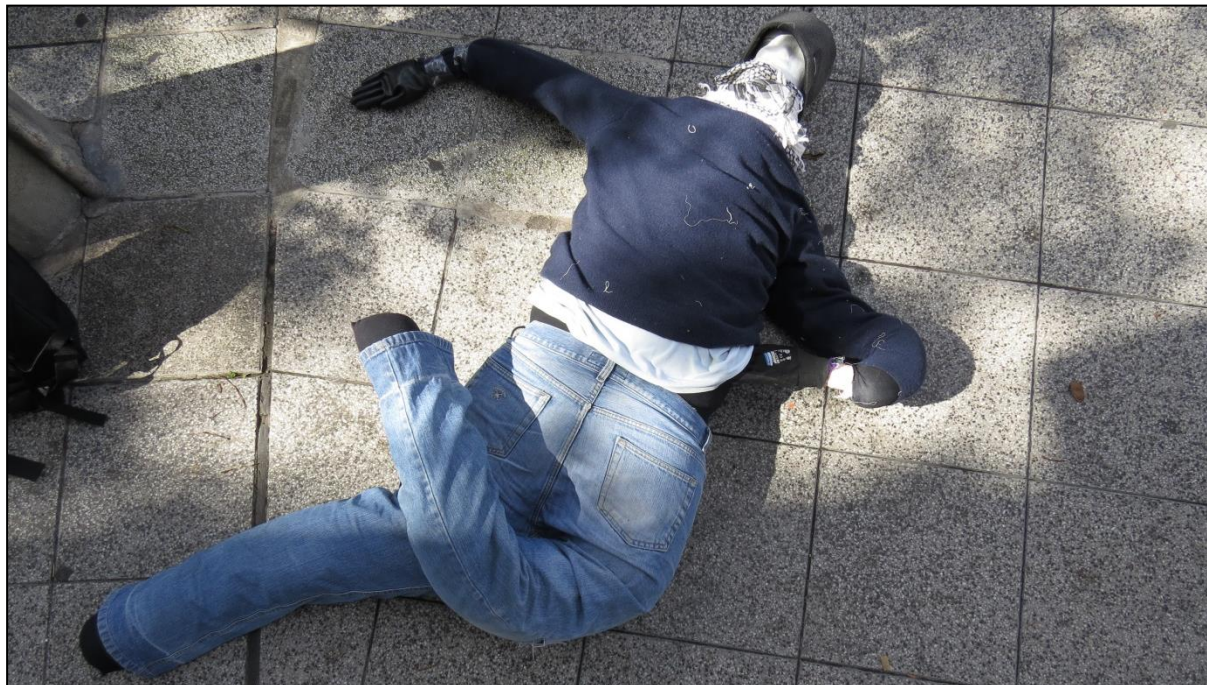
$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,385\text{m}}{5,20\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,266$$

$$\theta = 14,914$$

$$\theta = 14^\circ 54' 51''$$

**EXPERIMENTACION 3.1.2: CAIDA LIBRE A 5,20M, SIMULACION HOMICIDA -  
CALCULOS**





Experimentación 3.1.2 (desde la rodilla izquierda): Caída Libre a 5,20m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 1,64m

Ángulo de impacto: 17°

- Ángulo de impacto (desde la rodilla izquierda):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,64\text{m}}{5,20\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,315$$

$$\theta = 17,504$$

$$\theta = 17^\circ 30' 16''$$

**EXPERIMENTACION 3: TABLAS INFORMATIVA**

DOMICILIO PARTICULAR II CAIDA LIBRE: SUICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_i + g \cdot t$ )
5,20m	1,3850m	14° 54' 51"	10,11m/s	1,03s	10,11m/s

DOMICILIO PARTICULAR II CAIDA LIBRE: HOMICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_i + g \cdot t$ )
5,20m	1,6400m	17° 30' 16"	10,11m/s	1,03s	10,11m/s

#### **4. EXPERIMENTACION EN FACULTAD DE DERECHO (UNMDP)**

Lo primero que se realizó fue obtener las medidas de las diversas alturas, de distintos pisos del edificio de la Facultad de Derecho, Universidad Nacional de Mar del Plata, de donde se procedió a realizar pruebas de caída libre con un muñeco de medidas estándar. Por lo que se obtuvo en cuanto al segundo piso de dicho edificio, una altura de 7,16m (siete con dieciséis metros), del cuarto piso una altura de 13,50m (trece con cincuenta metros) y del quinto piso una altura de 16,62m (dieciséis con sesenta y dos).

Para la realización de las diversas caídas se requirió la ayuda de un asistente, siendo este el Sr. Isaac León Medina.

Se realizaron las siguientes caídas:

- En primer término, la realización de una caída sin fuerza externa ejercida, cuya finalidad es la simulación de un caso de suicidio, donde la persona no posee ningún tipo de impulso alguno.
- En segundo término, la realización de una caída, con una fuerza externa impulsada por los autores de dicha tesis. La cual, su finalidad reside en la simulación de un caso de homicidio. Esto se debe a que cuando la persona es forzada a realizar el salto, el victimario empuja a la víctima por lo que esto provocaría un ángulo que la haría caer a una distancia mayor de la que fue impulsada.

#### **4.a. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para la documentación de la siguiente experimentación se hicieron uso de cámaras digitales. La primera de ellas marca CANON, modelo PhotoShot XS50 HS, la cual se encontraba colocada sobre un trípode cuya altura máxima es de 1,28m (un metro con veintiocho). La segunda cámara digital es marca SONY, modelo DSC-W570, la cual se encontraba en posesión del asistente Isaac Medina para la toma de imágenes. La primer cámara mencionada se encontraba sobre el lado derecho a donde caía el muñeco, y la otra, al frente, para la mejor toma de imágenes.

Luego, para el procesamiento de las imágenes y posterior edición, se utilizó el software de reproducción multimedia Media Player Classic para la visualización y toma de imágenes de las grabaciones visuales realizadas.

#### **4.b. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:**

Las siguientes experimentaciones que serán desarrolladas a continuación, han sido determinadas de la siguiente manera:

- Fotografía de posición inicial, vuelo y posición final del muñeco lanzado con altura.
- Distancia entre posición inicial y final: para obtener este dato, se realizó la medición en el lugar del hecho. Se tomó en cuenta la zona corporal que ha quedado más cercana a la pared (punto de partida para las mediciones) y se tomó adicionalmente como dato, la zona corporal más lejana a la que el muñeco quedó del punto de partida.
- Ángulo de impacto: tal como fue explicado en el marco teórico, el ángulo de impacto fue obtenido por medio del siguiente cálculo:

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

- $\theta$ : siendo el ángulo de impacto.
- arcTg: arco tangente.
- x: representa la distancia entre la posición inicial y la final sobre el eje X.
- h: representa la altura desde la que el sujeto cae.

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 4.1.1: CAIDA LIBRE A 6,36M DE ALTURA (2<sup>do</sup> PISO), SIMULACION  
SUICIDA – CALCULOS**





Experimentación 4.1.1 (desde el pie derecho): Caída Libre a 6,36m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 0,34m

Ángulo de impacto: 3°

- Ángulo de impacto (desde el pie derecho):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{0,34\text{m}}{6,36\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,053$$

$$\theta = 3,06$$

$$\theta = 3^{\circ} 3' 36''$$



**EXPERIMENTACION 4.1.2: CAIDA LIBRE A 6,36M DE ALTURA (2<sup>do</sup> PISO), SIMULACION  
HOMICIDA – CALCULOS**





Experimentación 4.1.2 (desde la cabeza): Caída Libre a 6,36m de altura, simulación homicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 1,37m

Ángulo de impacto: 12°

- Ángulo de impacto (desde la cabeza):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,37\text{m}}{6,36\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,215$$

$$\theta = 12,156$$

$$\theta = 12^\circ 9' 23''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 4.2.1: CAIDA LIBRE A 12,70M DE ALTURA (4<sup>to</sup> PISO),  
SIMULACION SUICIDA – CALCULOS**





Experimentación 4.2.1 (desde la cabeza): Caída Libre a 12,70m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 2,45m

Ángulo de impacto: 10°

- Ángulo de impacto (desde la cabeza):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{2,45\text{m}}{12,70\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,193$$

$$\theta = 10,918$$

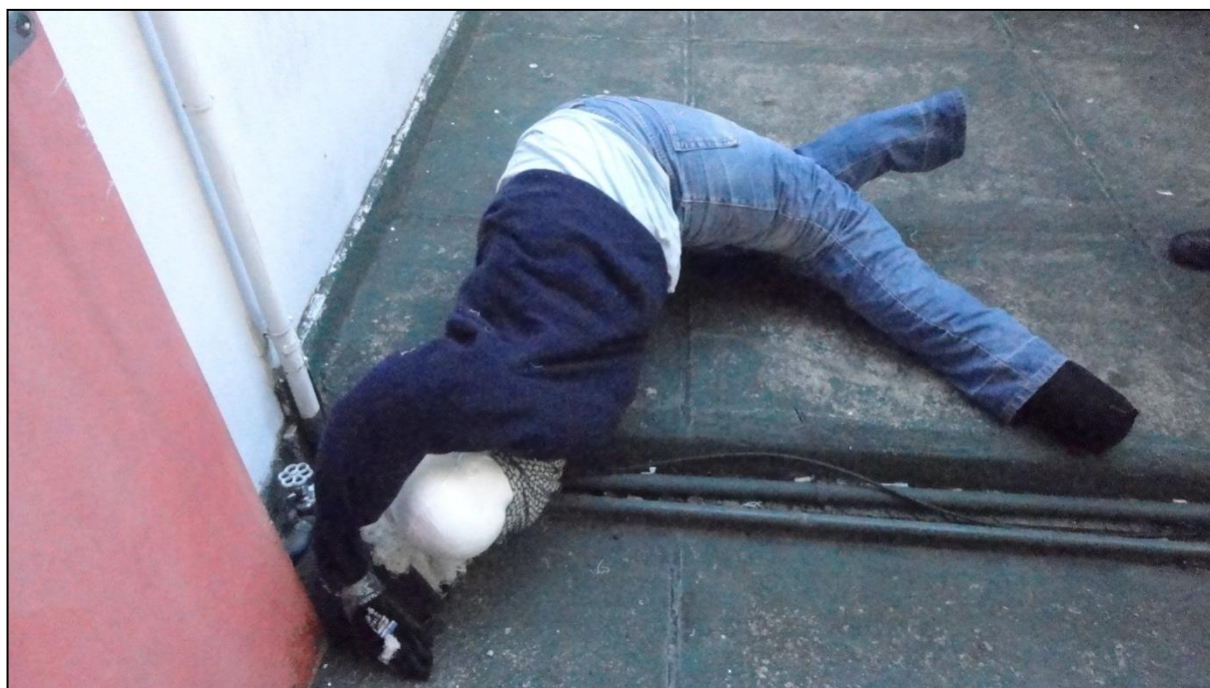
$$\theta = 10^{\circ} 55' 08''$$

Aclaración: en esta experimentación el muñeco de medidas estándar cayó sobre un telón interpuesto que oficia de salida de emergencia del Aula Magna de dicha Facultad, y luego por acción de la gravedad se deslizó hacia el nivel del suelo. Por lo que se decidió que la

AUTOR: MARCOS MEDINA

posición final fue en el momento justo donde toma contacto con la parte superior de dicha salida.

**EXPERIMENTACION 4.2.2: CAIDA LIBRE A 12,70M DE ALTURA (4<sup>to</sup> PISO),  
SIMULACION HOMICIDA – CALCULOS**





Experimentación 4.2.2 (desde la mano derecha): Caída Libre a 12,70m de altura, simulación homicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 2,05m

Ángulo de impacto: 9°

- Ángulo de impacto (desde la mano derecha):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{2,05\text{m}}{12,70\text{m}}$$

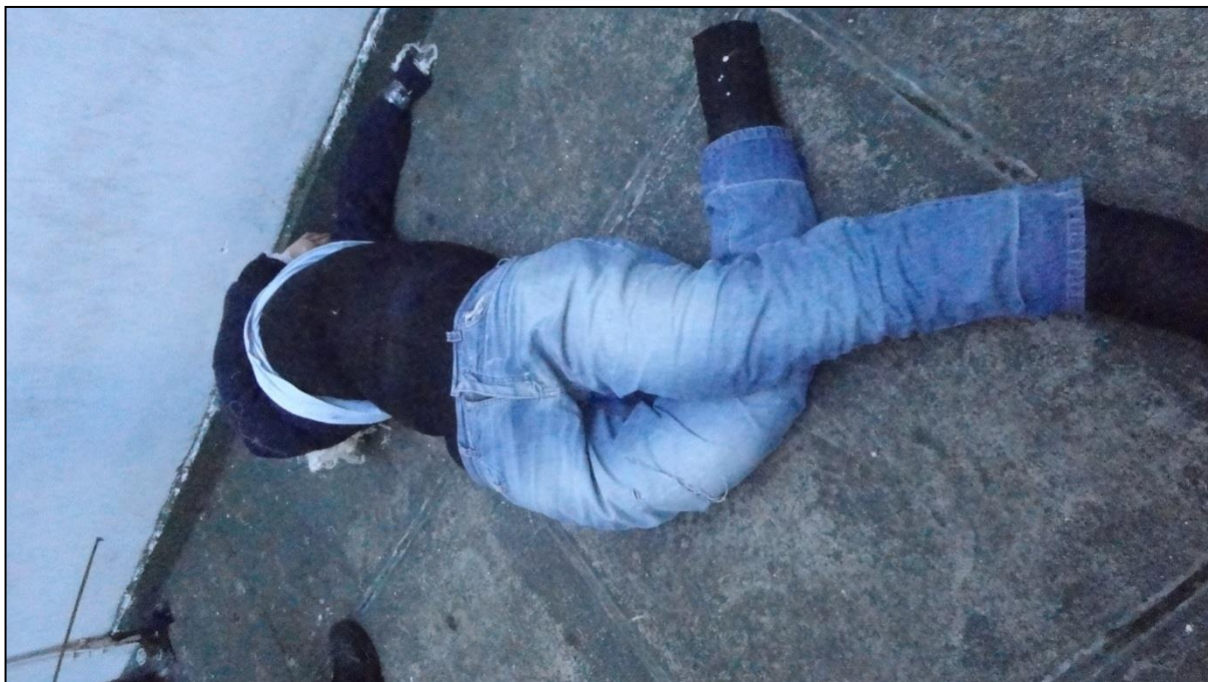
$$\theta = \text{arcTg} 0,161$$

$$\theta = 9,169$$

$$\theta = 9^\circ 10' 10''$$

AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACION 4.3.1: CAIDA LIBRE A 15,82M DE ALTURA (5<sup>to</sup> PISO),  
SIMULACION SUICIDA – CALCULOS**





Experimentación 4.3.1 (desde la cabeza): Caída Libre a 15,82m de altura, simulación suicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 3,81m

Ángulo de impacto: 13°

- Ángulo de impacto (desde la cabeza):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{3,81\text{m}}{15,82\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,24$$

$$\theta = 13,541$$

$$\theta = 13^{\circ} 32' 27''$$



AUTOR: MARCOS MEDINA

**EXPERIMENTACIO 4.3.2: CAIDA LIBRE A 15,82M DE ALTURA (5<sup>to</sup> PISO), SIMULACION  
HOMICIDA – CÁLCULOS**





Experimentación 4.3.2 (desde el pie derecho): Caída Libre a 15,82m de altura, simulación homicida. Datos obtenidos.

Distancia entre posición inicial y final: 1,82m

Ángulo de impacto: °

- Ángulo de impacto (desde pie derecho):

$$\theta = \text{arcTg} \frac{x}{h}$$

$$\theta = \text{arcTg} \frac{1,82\text{m}}{15,82\text{m}}$$

$$\theta = \text{arcTg} 0,115$$

$$\theta = 6,526$$

$$\theta = 6^\circ 33' 46''$$

**EXPERIMENTACION 4: TABLAS INFORMATIVA**

FACULTAD DE DERECHO (UNMDP)					
CAIDA LIBRE: SUICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_{i+g \cdot t}$ )
6,36m	0,34m	3° 3' 36"	11,18m/s	1,14s	11,18m/s
12,70m	2,45m	10° 55' 08"	15,79m/s	1,61s	15,79m/s
15,82m	3,81m	13° 32' 27"	17,63m/s	1,79s	17,63m/s

FACULTAD DE DERECHO (UNMDP)					
CAIDA LIBRE: HOMICIDA					
ALTURAS	DISTANCIA	ÁNGULO	VELOCIDAD FINAL ( $\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ )	TIEMPO DE CAIDA ( $\Delta v/g$ )	VELOCIDAD FINAL ( $v_{i+g \cdot t}$ )
6,36m	1,37m	12° 9' 23"	11,18m/s	1,14s	11,18m/s
12,70m	2,05m	9° 10' 10"	15,79m/s	1,61s	15,79m/s
15,82m	1,82m	6° 33' 46"	17,63m/s	1,79s	17,63m/s

## **5. EXPERIMENTACION CON SUBE Y BAJA/BALANCIN**

### **5.a. RELEVAMIENTO DE LOS DATOS REQUERIDOS PARA LA EXPERIMENTACION CON PLATAFORMA CON SUJETO REAL**

Lo primero que se realizó fue obtener las medidas de los sube y baja de la plaza, dando como resultado un largo de 3m (tres metros), un ancho de 0,80m (ochenta centímetros), el punto más alto de 1,25m (un metro con veinticinco) y altura media de 0,65m (sesenta y cinco centímetros).

- Se realizó una fuerza ejercida hacia abajo por parte del tesista Marcos Medina. Cuya finalidad era la de poder lograr que el muñeco de medidas estándar se vea propulsado hacia adelante y así lograr un determinado ángulo.

### **5.b. DOCUMENTACION Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS**

Para la documentación de la siguiente experimentación se hicieron uso de cámaras digitales. La primera de ellas marca SONY, modelo DSC-W570, la cual se encontraba colocada sobre un trípode cuya altura máxima es de 1,28m (un metro con veintiocho). La misma se encontraba al lado izquierdo del sube y baja para poder lograr un ángulo lo más recto al mismo.

Luego, para el procesamiento de las imágenes y posterior edición, se utilizó el software de reproducción multimedia Media Player Classic para la visualización y toma de imágenes de las grabaciones visuales realizadas.

**5.c. DATOS OBTENIDOS - EXPLICACION:**

Como resultado de los antes propuesto, no se pudieron obtener datos suficientes para la experimentación. Dicho problema resulta ser por las condiciones en las que el muñeco propuesto para estudio, a pesar de estar confeccionado lo mejor posible a un cuerpo humano, no comprende las particularidades de una persona humana, siendo estas la capacidad corporal de mantenerse sentado sobre el asiento y poder ser impulsado por este y enviado a distancia para poder realizar cálculo de altura, distancia entre posición inicial y final, y ángulo de impacto.





## **CONCLUSIONES**

---

En base a los datos obtenidos con las experimentaciones antes expuestas, se realizó un gráfico el cual está dividido en tres diferentes zonas que serán definidas posteriormente. Las cuales denotan los ángulos obtenidos al momento de haber realizado los cálculos físico-matemáticos.

Para la confección de dicho gráfico se debieron descartar determinadas experimentaciones, las cuales no resultaron óptimas por las siguientes razones:

### **CASOS DE SUICIDIO**

En el caso de la etiología suicida se decidió dejar de lado las experimentaciones realizadas en DOMICILIO PARTICULAR (2. EXPERIMENTACION 2.1.1, Pág. 48), DOMICILIO PARTICULAR II (3. EXPERIMENTACION 3.1.1, Pág. 55) y las de la Facultad de Derecho (4. EXPERIMENTACION 4.1.1, Pág. 62; 4.2.1, Pág. 66; 4.3.1, Pág. 70).

Las razones por las cuales no se tomaron en cuenta estos datos, se deben a la dificultad que surgió al momento de la simulación del impulso natural que tendría un individuo al arrojarse con una finalidad suicida, y al momento del estudio de los cálculos, no otorgaron un valor óptimo para la representación del gráfico que se presentará a continuación.

### **CASOS DE HOMICIDIO**

En el caso de la etiología homicida se decidió dejar de lado las experimentaciones realizadas en NATATORIO MUNICIPAL (EMDER - 1. EXPERIMENTACION 1.1.2, Pág. 33; 1.2.2, Pág. 39), DOMICILIO PARTICULAR (2. EXPERIMENTACION 2.1.2, Pág. 50), y la de la Facultad de Derecho (4. EXPERIMENTACION 4.3.2, Pág. 72).

Las razones por las cuales no se tomaron en cuenta estos datos, en el caso del EMDER, la joven quién accedió a contribuir en esta experimentación no comprendió la

AUTOR: MARCOS MEDINA

intención con la que se buscaba simular un acto homicida. En el segundo caso sucedió una situación similar a las pruebas de etiología suicida, donde la fuerza externa con la que se le dio impulso al muñeco de medidas estándar no fue significativa. En ambos casos, al momento de la realización de los cálculos no proporcionaron un valor significativo.

Una vez realizado lo antes mencionado, se procedió a la realización del gráfico. El mismo mostrará la relación entre las alturas y los ángulos de la caída. Donde se visualizaron tres zonas que permitirían una diferenciación de etiologías al momento de calcular el ángulo de caída con la ecuación mencionada en la presente tesis.

A continuación se mostrará un ejemplo de cómo se tomaban las medidas para la realización del gráfico.

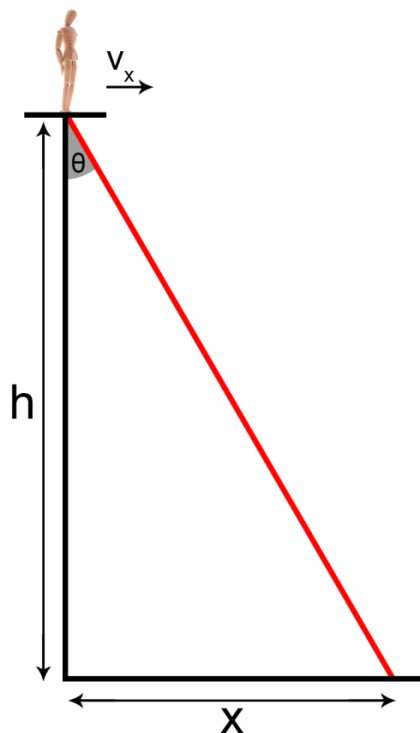


Gráfico 1

Referencias

- $v_x$ : velocidad inicial en x
- $\theta$ : ángulo de caída
- $x$ : distancia de caída
- $h$ : altura de caída.

CRITERIOS

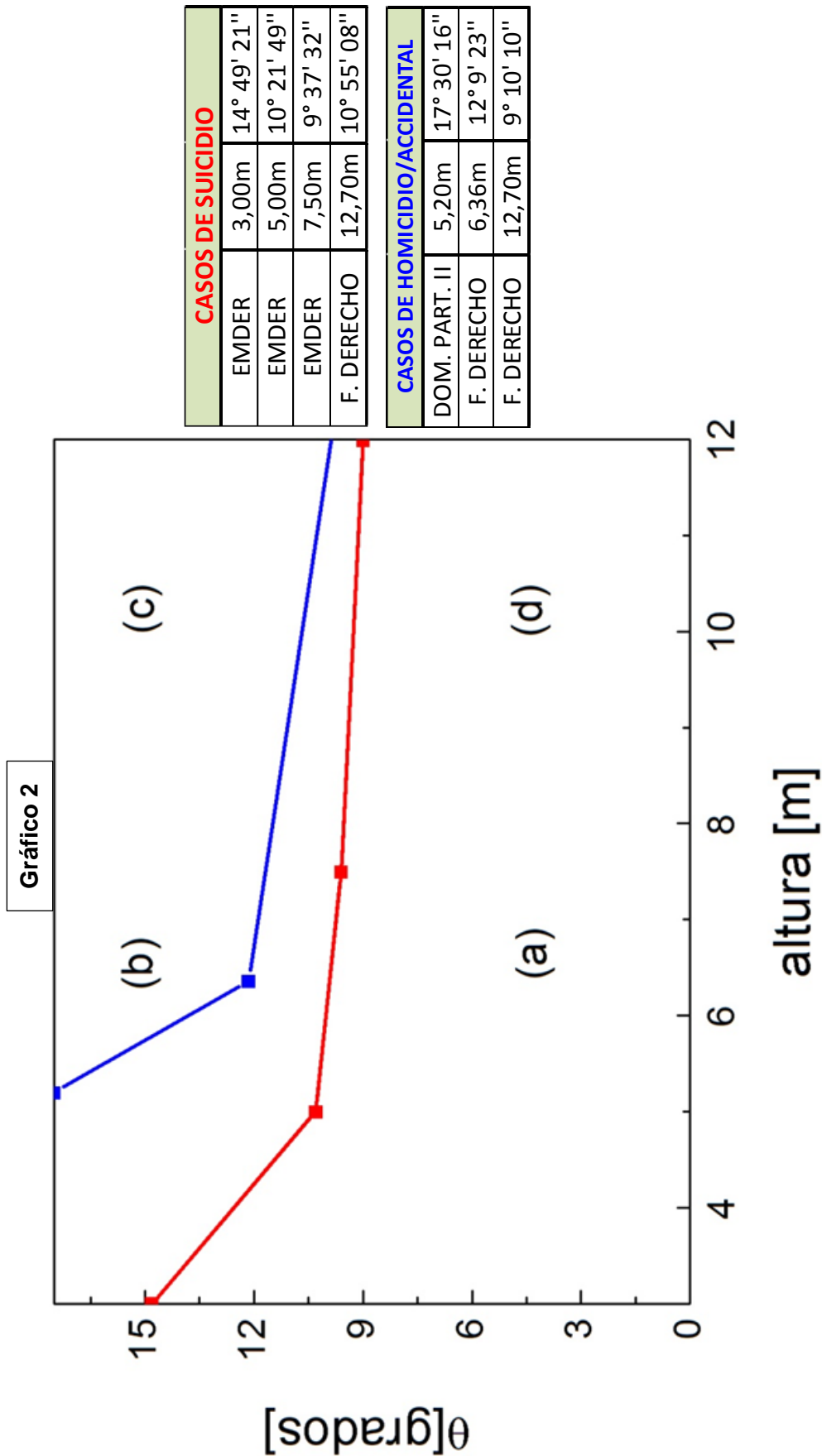
Para el Gráfico 1 se decidieron tomar dos criterios:

- En primer lugar, la altura definido como  $h$ , el cual era medido desde el punto donde se presupone que la víctima se arrojó al vacío hasta el suelo.



AUTOR: MARCOS MEDINA

- En segundo lugar, el punto más cercano al que se encontraba la víctima con respecto al punto anterior, el cual fue definido como **x**.



### **HIPOTESIS**

Para poder explicar el gráfico antes expuesto, se decidió tomar dos hipótesis.

- I. “La velocidad del sujeto sobre el eje horizontal que se suicida es menor que la del que es empujado”. Fundamento: Muy probablemente, en base a casos estadísticos, la que la persona que se suicida, no tomaría un impulso considerable que le imprimiera una velocidad horizontal, es decir, una fuerza mayor a la que realiza saltando. Por el contrario una persona que es arrojada al vacío por una fuerza externa, es decir, alguien lo empuja, debe presentar una velocidad inicial mayor sobre el eje antes mencionado.
  
- II. “Si la caída del sujeto es desde una altura suficiente, debe verificar la parábola modificada”. Fundamento: La velocidad horizontal puede verse afectada por el rozamiento con el aire y eventualmente viento, sumado a que un cuerpo en caída libre puede experimentar rotaciones en torno a su centro de masa, que a su vez puede variar a lo largo de la caída, dependiendo de la posición de las extremidades, por ejemplo. Este fenómeno puede alterar el ángulo ( $\theta$ ) para aquellos casos de saltos desde alturas considerables.

### **SUPOSICIONES**

En el Gráfico 2 (pág. 79), se resumen los distintos resultados obtenidos que permiten hacer una interpretación cualitativa rápida. Las curvas de caída suicida (rojo) y homicida/accidental (azul), determinan tres zonas específicas, de las cuales se comentan en especial los casos:

- a) Este es el caso de una caída muy probablemente suicida en el que se tiene una altura menor, y un ángulo bajo, por lo que se infiere que la velocidad inicial era baja, cuya consecuencia es una parábola que no se modifica por factores externos.
  
- b) Este es el caso de una caída muy probablemente homicida en el que se tiene una altura menor, pero un ángulo grande, por lo que se infiere que la velocidad inicial era alta, cuya consecuencia es una parábola modificada por factores

AUTOR: MARCOS MEDINA

externos debidos a un mayor recorrido de caída y eventualmente movimientos de reacción del sujeto ante lo que padece.

- c) Este es el caso de una caída muy probablemente homicida en el que se tiene una altura mayor, y un ángulo grande, por lo que se infiere que la velocidad inicial era alta, entonces la distancia de caída va a ser mayor, por más que la parábola se vea modificada ya que sería menos notoria.
- d) Este es el caso de una caída muy probablemente suicida en el que se tiene una altura mayor, pero un ángulo bajo, debido a que probablemente el sujeto simplemente se arroja al vacío, o se deja caer, manteniendo una muy baja velocidad horizontal y aunque la trayectoria es mayor, no alejan considerablemente su caída respecto del filo del edificio, justificando un ángulo menor.

Respecto de la zona intermedia entre ambas curvas, podemos inferir que se trata de una zona representativa de casos dudosos, en los que se deben tomar recaudos y recabar mayor información.

### UTILIDAD

La utilidad de este gráfico tiene como finalidad poder ayudar al perito al momento de encontrarse en un hecho donde se debe determinar la etiología, sea suicida u homicida, dónde se debe calcular la distancia de la víctima al punto más próximo de donde se habría arrojado, la altura de la cual se presupone habría caído, y con ambos datos se calcula el ángulo de caída. Con este último valor, uno se posiciona en el gráfico y se observa en qué zona se ubicaría tal ángulo, y así pueda ser utilizado como una orientación para poder determinar la etiología en casos de caída libre.

### PROPUESTA

Se propone que en hechos futuros, los peritos que se encuentren afectados a la realización de las pericias pertinentes en los casos de caída libre, donde existiría la posibilidad de determinar el ángulo de caída, se envíen los resultados obtenidos para

AUTOR: MARCOS MEDINA

enriquecer dicho gráfico, y así aumentar el campo de estudio. También cabe destacar que poder agregar casuística puede contribuir a la comprensión mejor la zona intermedia que ha sido hallada entre las curvas.

También se propone que si alguien tiene el interés de utilizar esta tesis como base para mejorarla, se adopte el criterio de que la medida que se realice de la distancia de caída sea desde el ombligo que es donde un cuerpo posee su centro de masa.

AUTOR: MARCOS MEDINA

## BIBLIOGRAFIA

---

- Dr. Patitó, José; Dr. Cisterna Pastenes, Julio Bernardo. *Manual de Medicina Legal*.
- Dr. Raffo, Osvaldo H.. 2006. *La muerte violenta*. Editorial Universidad.
- Dr. Raffo, Osvaldo H.. 2006. *Tanatología: Investigación de Homicidios*. Editorial Universidad.
- Jones Edwin; Childers, Richard. 2001. *Física Contemporánea – 3ra Edición*. McGraw-Hill.
- Resnick, Robert; Halliday, David. 1961. *Física – Nueva Edición Actualizada – Parte I*. C.E.C.S.A.
- Sapag, Alfredo. Bustos, Cristina. *Investigación médico policial de las muertes por caídas de altura*. Mercopol, en:

<http://www.mercosur.int/msweb/CCCP/Comun/revista/N%202/16%20-%2018%20%20n%203.pdf>

- Craig, Adam. 2010. *Essential Mathematics and Statistics for Forensic Science*. John Wiley & Sons Ltd.
- Yasuyoshi, Yanagida. Masato, Maeda. Hideyuki, Nushida. Migiwa, Asano. Yasuhiro, Ueno. *Determining falling patterns by estimation of horizontal distance and height*. Springer-Verlag, en:

<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/126539/0d221670d021a763eb7c39181593a79a.pdf?sequence=1>

- J.V. Kiran, Kumar. K., Srivastava. 2013. *Pattern of Injuries in fall from Height*. J Indian Acad Forensic Med, en: <http://medind.nic.in/jal/t13/i1/jalt13i1p47.pdf>



UNIVERSIDAD  
**FASTA**

FACULTAD DE CIENCIAS JURIDICAS Y SOCIALES

# LICENCIATURA EN CRIMINALISTICA

DEMOSTRACIÓN FÍSICO-MATEMÁTICA EN  
LA DETERMINACIÓN DE LA ETIOLOGÍA EN  
HECHOS DE CAÍDA LIBRE  
**ANEXO**

**Autor:** Medina, Marcos Isaac

**Director de Tesis:** Lic. Gacio, Hernán

**Asesoramiento:** Dr. Arenas, Gustavo F.

Lic. Huinchulef, María Eugenia

**Mes y Año:** 2017

## **ANEXO I**

### **1. EXPERIMENTACION EN NATATORIO MUNICIPAL (EMDER)**

#### **EXPERIMENTACION 1.1.1 y 1.1.2: CAIDA LIBRE A 3M DE ALTURA, SIMULACIONES SUICIDA Y HOMICIDA**

#### **DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2.g.h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2.9,82m/s^2.3m)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{58,92m^2/s^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 7,68m/s}$$

#### **CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g.t$$

$$\Delta v = t$$

$$\frac{\Delta v}{g}$$

$$\frac{7,68m/s}{9,82m/s^2} = t$$

$$0,78s = t$$

$$\mathbf{0,78s = t}$$

#### **CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g.t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82m/s^2.0,78s$$

$$\mathbf{v_{fy} = 7,68m/s}$$

**EXPERIMENTACION 1.2.1 y 1.2.2: CAIDA LIBRE A 5M DE ALTURA,  
SIMULACIONES SUICIDA Y HOMICIDA**

**DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2.g.h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2.9,82\text{m/s}^2.5\text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{98,2\text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 9,91\text{m/s}}$$

**CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g.t$$

$$\Delta v = t$$

$$\frac{\Delta v}{g}$$

$$\frac{9,91\text{m/s}}{9,82\text{m/s}^2} = t$$

$$\frac{9,91\text{m/s}}{9,82\text{m/s}^2}$$

$$\mathbf{1,01\text{s} = t}$$

**CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g.t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82\text{m/s}^2.1,01\text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 9,91\text{m/s}}$$



**EXPERIMENTACION 1.3.1 y 1.3.2: CAIDA LIBRE A 7,5M DE ALTURA,  
SIMULACIONES SUICIDAS**

**DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 7,5 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{147,3 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 12,14 \text{m/s}}$$

**CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\Delta v = t$$

$$\frac{\Delta v}{g}$$

$$\frac{12,14 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$1,24 \text{s} = t$$

$$\mathbf{1,24 \text{s} = t}$$

**CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 1,24 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 12,14 \text{m/s}}$$

## 2. EXPERIMENTACION EN CASA

### EXPERIMENTACION 2.1.1 y 2.1.2: CAIDA LIBRE A 3,10M, SIMULACIONES SUICIDAS Y HOMICIDAS

#### DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 3,10 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{60,76 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 7,80 \text{m/s}}$$

#### CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\frac{\Delta v}{g} = t$$

$$g$$

$$\frac{7,80 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$9,82 \text{m/s}^2$$

$$\mathbf{0,79 \text{s} = t}$$

#### CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 0,79 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 7,80 \text{m/s}}$$

### 3. EXPERIMENTACION EN CASA II

#### EXPERIMENTACION 3.1.1 y 3.1.2: CAIDA LIBRE A 5,20M, SIMULACIONES SUICIDAS Y HOMICIDAS

#### DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 5,20 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{102,12 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 10,11 \text{m/s}}$$

#### CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\frac{\Delta v}{g} = t$$

g

$$\frac{10,11 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$1,03 \text{s} = t$$

$$\mathbf{1,03 \text{s} = t}$$

#### CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 1,03 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 10,11 \text{m/s}}$$

**4. EXPERIMENTACION EN FACULTAD DE DERECHO (UNMDP)**

**EXPERIMENTACION 4.1.1 y 4.1.2: CAIDA LIBRE A 6,36M DE ALTURA,  
SIMULACIONES SUICIDAS Y HOMICIDAS**

**DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 6,36 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{124,9 \text{m}^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 11,18 \text{m/s}}$$

**CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\frac{\Delta v}{g} = t$$

$$g$$

$$\frac{11,18 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$9,82 \text{m/s}^2$$

$$\mathbf{1,14 \text{s} = t}$$

**CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 1,14 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 11,18 \text{m/s}}$$

**EXPERIMENTACION 4.2.1 y 4.2.2: CAIDA LIBRE A 12,70M DE ALTURA,  
SIMULACIONES SUICIDA Y HOMICIDA**

**DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 12,70 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{249,42^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 15,79 \text{m/s}}$$

**CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\Delta v = t$$

$$\frac{\Delta v}{g}$$

$$\frac{15,79 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$1,61 \text{s} = t$$

$$\mathbf{1,61 \text{s} = t}$$

**CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 1,61 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 15,79 \text{m/s}}$$

**EXPERIMENTACION 4.3.1 y 4.3.2: CAIDA LIBRE A 15,82M DE ALTURA,  
SIMULACIONES SUICIDAS Y HOMICIDAS**

**DINAMICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DE LA ALTURA (EJE Y)**

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$$

$$v_{fy} = \sqrt{(2 \cdot 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 15,82 \text{m})}$$

$$v_{fy} = \sqrt{310,7^2/\text{s}^2}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 17,63 \text{m/s}}$$

**CINEMATICA: CALCULO DEL TIEMPO**

$$\Delta v = g \cdot t$$

$$\Delta v = t$$

$$\frac{\Delta v}{g}$$

$$\frac{17,63 \text{m/s}}{9,82 \text{m/s}^2} = t$$

$$1,79 \text{s} = t$$

$$\mathbf{1,79 \text{s} = t}$$

**CINEMATICA: CALCULO DE VELOCIDAD EN FUNCION DEL TIEMPO**

$$v_{fy} = v_{iy} + g \cdot t$$

$$v_{fy} = 0 + 9,82 \text{m/s}^2 \cdot 1,79 \text{s}$$

$$\mathbf{v_{fy} = 17,63 \text{m/s}}$$