

TALLER DE BIODISEÑO Y FABRICACION DIGITAL

# SUPERFICIE FLOTANTE

Parte del Workshop  
Internacional:



[amazon.fablat.org](http://amazon.fablat.org)

Organiza:

Universidad  
**VERITAS**  
Arte Diseño Arquitectura



Patrocina:

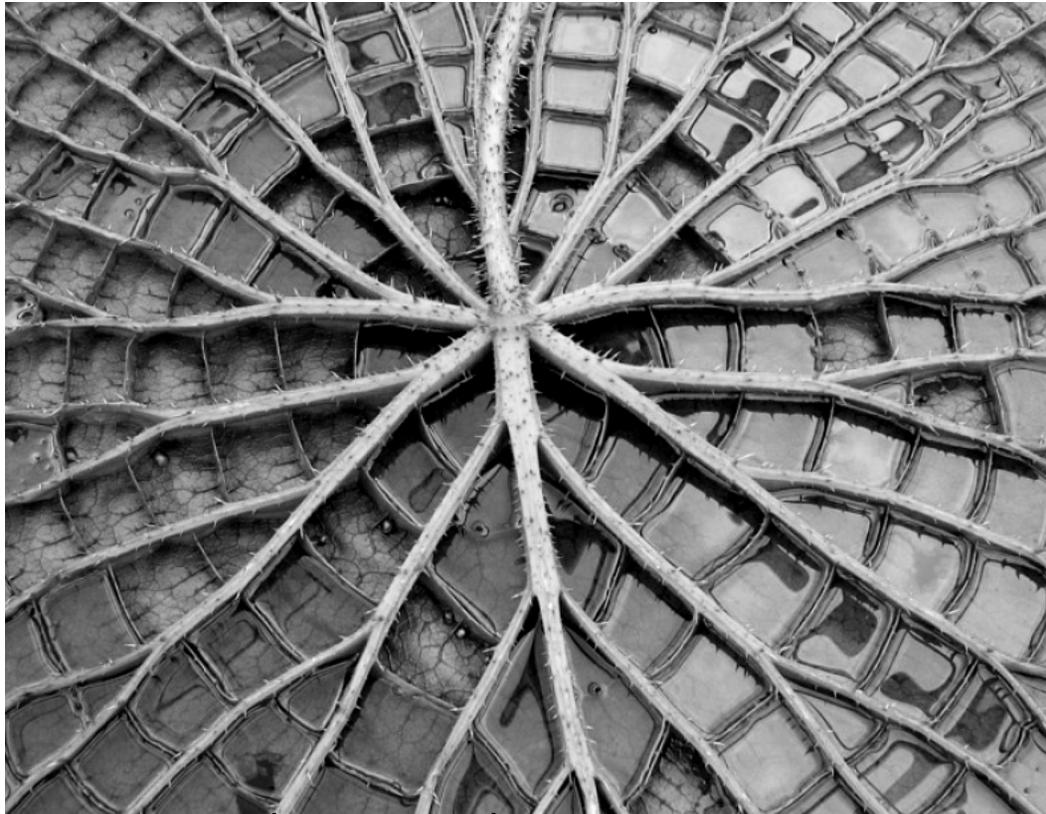
**PLASMACUT**

Dirección:

Asociación FAB LAB PERU  
PROJECT A+  
uAbureau

Con el respaldo de:

**FAB FOUNDATION**  
**FABLAT**  
RED LATINOAMERICANA DE FAB LABS



*Victoria amazonica* [giant waterlily].

TALLER DE BIODISEÑO Y FABRICACIÓN DIGITAL | **SUPERFICIE FLOTANTE**  
PARTE DEL WORKSHOP INTERNACIONAL | **FLOATING FABLAB AMAZON** | [amazon.fablat.org](http://amazon.fablat.org)

**UNIDAD DE TITULACIÓN** | ESCUELA DE ARQUITECTURA | UNIVERSIDAD VERITAS | COSTA RICA

**Estudiantes |** Unidad de Titulación:  
**Daniel Astorga**  
**Tania Díaz**  
**Viviana González**  
**Esteban Ossenbach**  
**Karla Ruzicka**  
**Marcos Villegas**  
**Julian Wiedenmann**  
**Narah Wong**

**Instructores |** Nacionales:  
**MAA Robert Garita**  
Profesor Escuela de Arquitectura Universidad Veritas /  
ART [Authorized Rhino Trainer].

Internacionales:  
**Arq. Benito Juárez**  
Director Fab Lab Perú y Floating Amazon Workshop.  
**James Brazil**  
Director uAbureau y Floating Amazon Workshop.

Para consultas y recomendaciones:  
**[rogarita@uveritas.ac.cr](mailto:rogarita@uveritas.ac.cr)**

UNIVERSIDAD VERITAS | Tel. [506] 2246-4600 | Fax.[506] 2225-2907 | Email: [info@uveritas.cr](mailto:info@uveritas.cr)  
Dirección | 1 Km al Oeste de Casa Presidencial | Edificio VERITAS. Zapote, San José Costa Rica  
2014 - Derechos Reservados.



# lab

## base



FLOATABILITY



MODULARITY



MOVILITY

## structure+skin



STRUCTURE



SKIN



ACTIVITIES



## INTRODUCCIÓN |

El **FAB FLOTANTE-AMAZONAS STARTUP WORKSHOP** está abierto a participantes de todo el mundo, de diferentes especialidades, comprometidos con la sostenibilidad del planeta, creativos, colaborativos y dispuestos a asumir grandes retos.

**DÓNDE |** El taller se realizará a través de Internet mediante la Plataforma Fab Flotante.

**CUÁNDO |** Del 15 de noviembre al 13 de diciembre, 2014.

Encuentro on-line semanal: sábados 10 am PER [UTC/GMT -5 hora].

## OBJETIVOS |

1 | Sensibilizar a los participantes sobre la importancia de la conservación de la Amazonía.

2 | Desarrollar un "Banco de Ideas" sobre la infraestructura del Fab Flotante.

3 | Finalizado el taller, el "Banco de Ideas" que será la base para el diseño del Fab Flotante Amazonas 2015 y estará disponible para el uso abierto de quienes deseen aplicarlo a sus proyectos.

## FAB LAB FLOTANTE AMAZONAS |

**La Amazonía |** El territorio más rico en biodiversidad y multiculturalidad del planeta es uno de los más afectados por el calentamiento global y la exclusión social... Deforestación, extinción de especies y culturas ponen en riesgo la Amazonía, donde la mayor parte de su población no tiene acceso a educación y servicios básicos de calidad. Urge desarrollar proyectos que potencien la conservación y desarrollo sostenido de sus recursos naturales y culturales.

**¿Cómo podemos contribuir? |** Integrando esfuerzos para ampliar las oportunidades de acceso a la población local [especialmente niños] a programas de innovación tecnológica y social.

**El Fab Flotante - Amazonas |** Es así como nace la iniciativa por crear un laboratorio de fabricación digital [Fab Lab] que navegará por el río Amazonas, brindando acceso a las comunidades locales a herramientas tecnológicas que les permitan hacer frente a sus desafíos cotidianos de agua, energía, salud, alimentación, educación... y a la vez, ser un espacio donde se incuba la manufactura del Futuro, por su condición de corazón verde, la Amazonía es el escenario ideal para exploración de soluciones alternativas en pro de una industria responsable, sensible e integrada a los procesos locales y globales.



## NOMENCLATURA |

**A:** Ángulo.

**AC:** Ángulo Crítico.

**CAD:** Computer-Aided Design | Diseño asistido por computadora.

**CAM:** Computer-Aided Manufacturing | Fabricación asistida por computadora.

**EE:** Equilibrio Estable.

**EG:** Escala de Grados.

**EI:** Equilibrio Inestable.

**H:** Altura.

**G:** Centro de Gravedad.

**Q:** Base.

**M:** Masa.

**ME:** Metacentro.

**MHD:** Masa Horizontal Deslizante.

**MVD:** Masa Vertical Deslizante.

**NA:** Nivel de Agua.

**NAS:** Nivel de Agua Superior.

**NAI:** Nivel de Agua inferior.



**AGENDA |** El taller pretende analizar dos propuestas estructurales / conceptuales con el fin de determinar los principios de flotabilidad presentes en la superficie del elemento diseñado. Esto se hará mediante el desarrollo y planteamiento de dichos diseños a través de los procesos CAD / CAM, Esto le permitirá a los estudiantes del taller materializar sus ideas por medio de la fabricación de sus diseños con el soporte de máquinas de corte láser y fresado patrocinadas por la empresa costarricense **PLASMA CUT** <http://www.plasmacut.cr/>.

**OBJETIVOS |**

- 1 | Definir los conceptos de Centro de Flotabilidad, Centro de Masa y Metacentro.
- 2 | Estudiar las condiciones de Estabilidad Rotacional de un cuerpo flotante
- 3 | Determinar la altura Metacéntrica de manera teórica y experimental para un cuerpo flotante.
- 4 | Determinar de forma experimental las condiciones en donde una embarcación pierde su equilibrio estable.
- 5 | Entender y aplicar de manera experimental el Principio de Arquímedes.

**CRONOGRAMA |**

**Día 1 Martes 25 de Noviembre 2014 |**

- Corrección de investigación general.
- Análisis y optimización de propuestas de flotabilidad por realizar.

**Día 2 Miércoles 26 de Noviembre 2014 |**

- Modelado digital de archivos CAD.
- Pruebas de corte y ensamblaje de las piezas CAM.

**Día 3 Jueves 27 y Viernes 28 de Noviembre 2014 |**

- Contrucción y ensamblaje final.
- Pruebas de Flotabilidad y estabilidad.
- Documentación de Procesos.

**Día 4 Sábado 29 de Noviembre 2014 |**

- Presentación de resultados en el encuentro on-line semanal **FLOTANTE-AMAZONAS STARTUP WORKSHOP.**



**PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES** | Afirma que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja«. Esta fuerza recibe el nombre de empuje hidrostático o de Arquímedes, y se mide en newtons [en el SI]. El principio de Arquímedes se formula así:

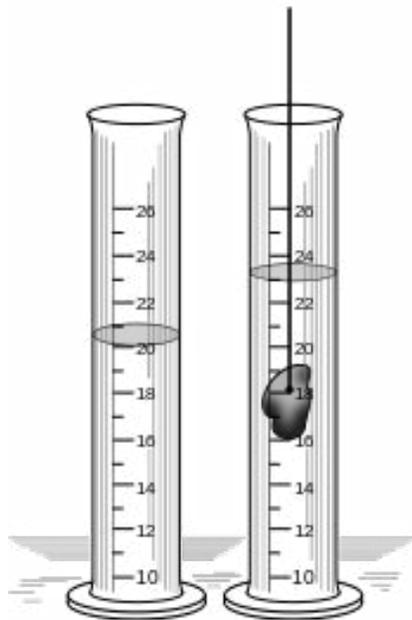
$$E = m g = \rho_f g V$$

o bien

$$\mathbf{E} = -m \mathbf{g} = -\rho_f \mathbf{g} V$$

Donde **E** es el empuje,  **$\rho_f$**  es la densidad del fluido, **V** el »volumen de fluido desplazado« por algún cuerpo sumergido parcial o totalmente en el mismo, **g** la aceleración de la gravedad y **m** la masa, de este modo, el empuje depende de la densidad del fluido, del volumen del cuerpo y de la gravedad existente en ese lugar.

El empuje [en condiciones normales<sup>2</sup> y descrito de modo simplificado<sup>3</sup>] actúa verticalmente hacia arriba y está aplicado en el centro de gravedad del cuerpo; este punto recibe el nombre de centro de carena.

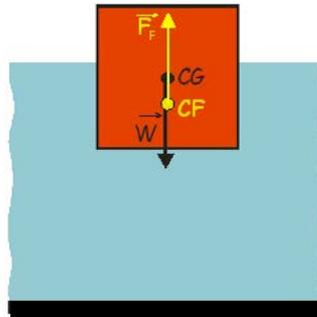


Ejemplo del Principio de Arquímedes: El volumen adicional en la segunda probeta corresponde al volumen desplazado por el sólido sumergido [que naturalmente coincide con el volumen del sólido].

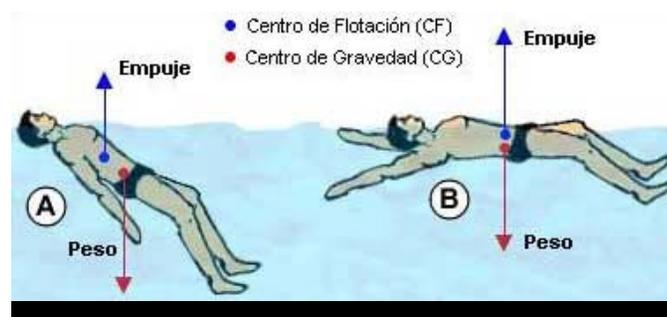


## FLOTACIÓN I

**ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES Y SUMERGIDOS** | La estabilidad de un cuerpo parcial o totalmente sumergido es vertical y obedece al equilibrio existente entre el peso del cuerpo [W] y la fuerza de flotación [F]:



$$F_F = W \text{ (en el equilibrio)}$$



ambas fuerzas son verticales y actúan a lo largo de la misma línea. La fuerza de flotación estará aplicada en el centro de flotación [CF] y el peso estará aplicado en el centro de gravedad [CG].

La estabilidad de un cuerpo parcialmente o totalmente sumergido es de dos tipos:

**ESTABILIDAD LINEAL** | Se pone de manifiesto cuando desplazamos el cuerpo verticalmente hacia arriba. Este desplazamiento provoca una disminución del volumen de fluido desplazado cambiando la magnitud de la fuerza de flotación correspondiente. Como se rompe el equilibrio existente entre la fuerza de flotación y el peso del cuerpo [  $F_F = W$  ], aparece una fuerza restauradora de dirección vertical y sentido hacia abajo que hace que el cuerpo regrese a su posición original, restableciendo así el equilibrio. De la misma manera, si desplazamos el cuerpo verticalmente hacia abajo, aparecerá una fuerza restauradora vertical y hacia arriba que tenderá a devolver el cuerpo a su posición inicial. En este caso el centro de gravedad y el de flotación permanecen en la misma línea vertical.

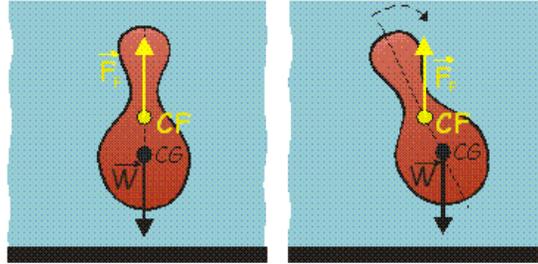
**ESTABILIDAD ROTACIONAL** | Este tipo de estabilidad se pone de manifiesto cuando el cuerpo sufre un desplazamiento angular. En este caso, el centro de flotación y el centro de gravedad no permanecen sobre la misma línea vertical, por lo que la fuerza de flotación y el peso no son colineales provocando la aparición de un par de fuerzas restauradoras. El efecto que tiene dicho par de fuerzas sobre la posición del cuerpo determinará el tipo de equilibrio en el sistema:

- **Equilibrio estable.**
- **Equilibrio inestable**
- **Equilibrio neutro.**

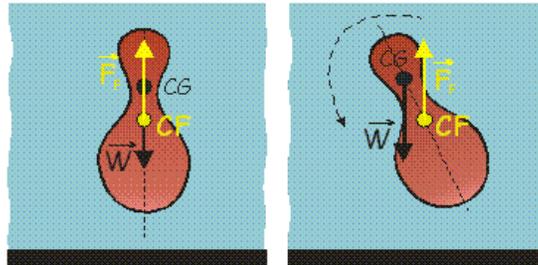


## ESTABILIDAD ROTACIONAL I

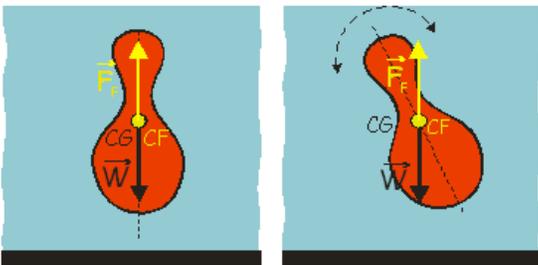
**Equilibrio estable** | cuando el par de fuerzas restauradoras devuelve el cuerpo a su posición original. Esto se produce cuando el cuerpo tiene mayor densidad en la parte inferior del mismo, de manera que el centro de gravedad se encuentra por debajo del centro de flotación.



**Equilibrio inestable** | cuando el par de fuerzas tiende a aumentar el desplazamiento angular producido. Esto ocurre cuando el cuerpo tiene mayor densidad en la parte superior del cuerpo, de manera que el centro de gravedad se encuentra por encima del centro de flotación.



**Equilibrio neutro** | cuando no aparece ningún par de fuerzas restauradoras a pesar de haberse producido un desplazamiento angular. Podemos encontrar este tipo de equilibrio en cuerpos cuya distribución de masas es homogénea, de manera que el centro de gravedad coincide con el centro de flotación.



## ESTABILIDAD DE CUERPOS PRISMÁTICOS I

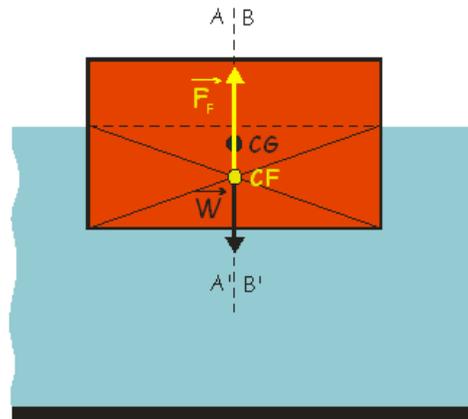
Hay ciertos objetos flotantes que se encuentran en equilibrio estable cuando su centro de gravedad está por encima del centro de flotación. Esto entra en contradicción con lo visto anteriormente acerca del equilibrio, sin embargo este fenómeno se produce de manera habitual, por lo que vamos a tratarlo a continuación.

Vamos a considerar la estabilidad de cuerpos prismáticos flotantes con el centro de gravedad situado encima del centro de flotación, cuando se producen pequeños ángulos de inclinación.

La siguiente figura muestra la sección transversal de un cuerpo prismático que tiene sus otras secciones transversales paralelas idénticas. En el dibujo podemos ver el centro de flotación CF, el cual está ubicado en el centro geométrico [centroide] del volumen sumergido del cuerpo [Vd]. El eje sobre el que actúa la fuerza de flotación F está representado por la línea vertical AA' que pasa por el punto CF.

Vamos a suponer que el cuerpo tiene una distribución de masas homogénea, por lo que el centro de gravedad CG estará ubicado en el centro geométrico del volumen total del cuerpo [V]. El eje vertical del cuerpo está representado por la línea BB' y pasa por el punto CG.

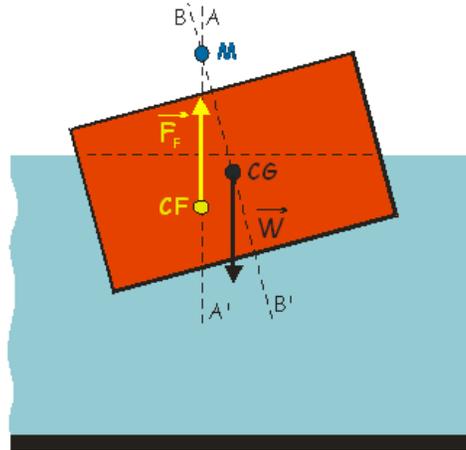
Cuando el cuerpo está en equilibrio, los ejes AA' y BB' coinciden y la fuerza de flotación y el peso actúan sobre la misma línea vertical, por tanto son colineales, como muestra la figura.



## ESTABILIDAD DE CUERPOS PRISMÁTICOS I

Ahora inclinamos el cuerpo un ángulo pequeño en sentido contrario a las agujas del reloj. Como vemos, el volumen sumergido habrá cambiado de forma, por lo que su centroide  $CF$  habrá cambiado de posición. Podemos observar también que el eje  $AA'$  sigue estando en dirección vertical y es la línea de acción de la fuerza de flotación.

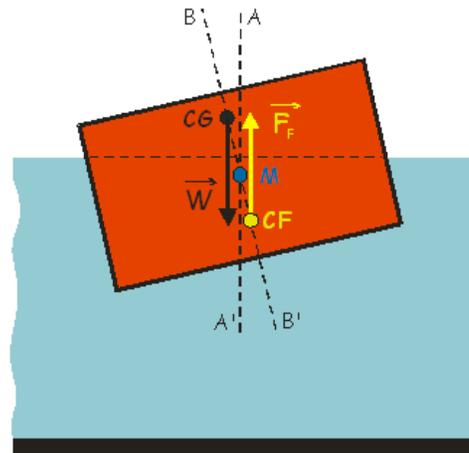
Por otro lado, el eje del cuerpo  $BB'$  que pasa por el centro de gravedad  $CG$  habrá rotado con el cuerpo. Ahora los ejes  $AA'$  y  $BB'$  ya no son paralelos, sino que forman un ángulo entre sí igual al ángulo de rotación. El punto donde intersectan ambos ejes se llama METACENTRO  $[ME]$ . En la figura siguiente podemos ver que el metacentro se encuentra por encima del centro de gravedad y actúa como pivote o eje alrededor del cual el cuerpo ha rotado.



## ESTABILIDAD DE CUERPOS PRISMÁTICOS I

Como sabemos, la fuerza de flotación actúa verticalmente en el centroide CF y a lo largo del eje AA', mientras que el peso actúa sobre el centro de gravedad CG y también en dirección vertical. En esta configuración ambas fuerzas no son colineales, por lo que actúan como un par de fuerzas restauradoras que hacen girar el cuerpo en sentido contrario a la rotación producida en un principio, devolviendo al cuerpo a su posición inicial. Se dice entonces que el cuerpo se encuentra en equilibrio estable.

Si la configuración del cuerpo es tal que la distribución de masas no es homogénea, la ubicación del metacentro puede cambiar. Por ejemplo, consideremos un cuerpo prismático cuyo centro de gravedad se encuentre sobre el eje vertical del cuerpo BB' pero descentrado, como indica la siguiente figura.



Cuando inclinamos el cuerpo, puede ocurrir que el metacentro M esté ubicado ahora por debajo del centro de gravedad. Como el metacentro actúa de eje de rotación alrededor del cual el cuerpo gira, el par de fuerzas actúan como un par de fuerzas restaurador, haciendo girar el cuerpo en el mismo sentido en el que se realizó la rotación y dándole la vuelta, sin alcanzar la posición que tenía inicialmente. Se dice entonces que el cuerpo presenta equilibrio inestable.

En resumen, cuando el metacentro ME se encuentra por encima del centro de gravedad CG, el cuerpo presenta equilibrio estable. Cuando el metacentro se encuentra por debajo de CG el equilibrio es inestable; y cuando el metacentro coincide con CG, está en equilibrio neutro.

La distancia entre el metacentro y el centro de flotación se conoce como "altura metacéntrica" y es una medida directa de la estabilidad del cuerpo. Esta distancia se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\overline{MF} = \frac{I}{V_d}$$

donde I es el momento de inercia de la sección horizontal del cuerpo flotante y  $V_d$  es el volumen de fluido desplazado por el cuerpo.

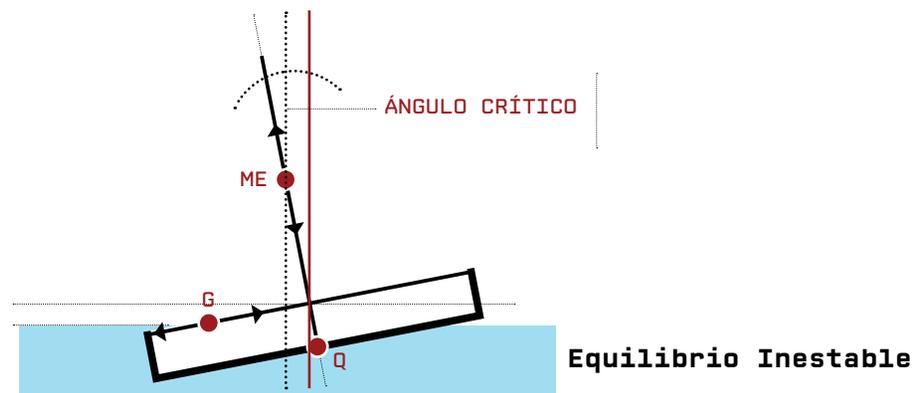
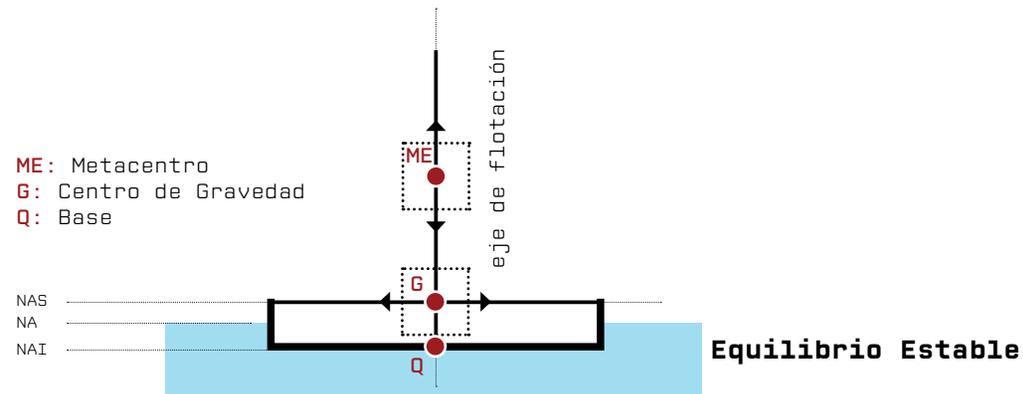


## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL |

### OBJETIVOS |

- 1 | Definir los Conceptos de: Centro de Flotabilidad.  
Centro de Masa.  
Metacentro.
- 2 | Estudiar las condiciones de Estabilidad Rotacional de un cuerpo flotante.
- 3 | Determinar la altura metacéntrica de manera teórica y experimental para un cuerpo flotante.
- 4 | Determinar de forma experimental las condiciones en donde una embarcación pierde el equilibrio estable.
- 5 | Determinar la fuerza de empuje de la superficie flotante a partir de la relación entre área y peso / volumen de la superficie vrs volumen soportado.

**CENTRO DE MASA Y FLOTABILIDAD |** Factores que varían el centro de masa en una superficie flotante:



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL |

### MATERIALES Y EQUIPO DE ANÁLISIS |

Báscula.  
Peso adicional [bloques de concreto o ladrillos].  
Cinta métrica.  
Escalímetro.  
Nivel.  
Un peso plomo.  
Cámara de video / fotográfica.

### PASO 1 |

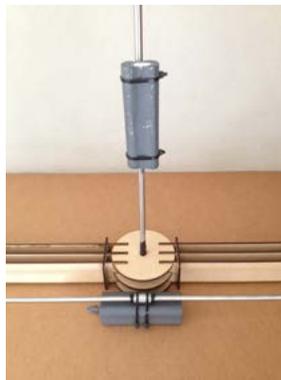
Determinar los siguientes parámetros de la superficie flotante para definir un protocolo de análisis:

#### Características de la plataforma:

- Largo del Prototipo.
- Ancho.
- Alto.
- Área de 1 Unidad / Módulo de la superficie.
- Área Total de superficie.
- Peso Estructura Análisis.
- Peso de Plataforma.
- Peso Unidad Adicional.
- Peso Adicional Soportado.
- Escala Prototipo.

### PASO 2 |

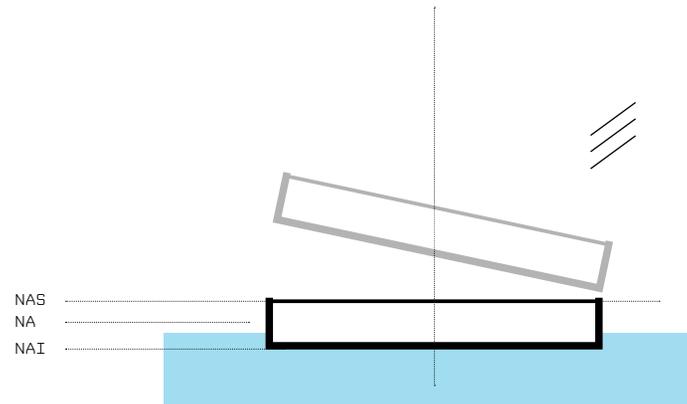
Construir la Estructura de Análisis para determinar la estabilidad rotacional y los centros de masas y metacentros de los prototipos [descargar archivo y tutorial [...en proceso...](#)]



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL |

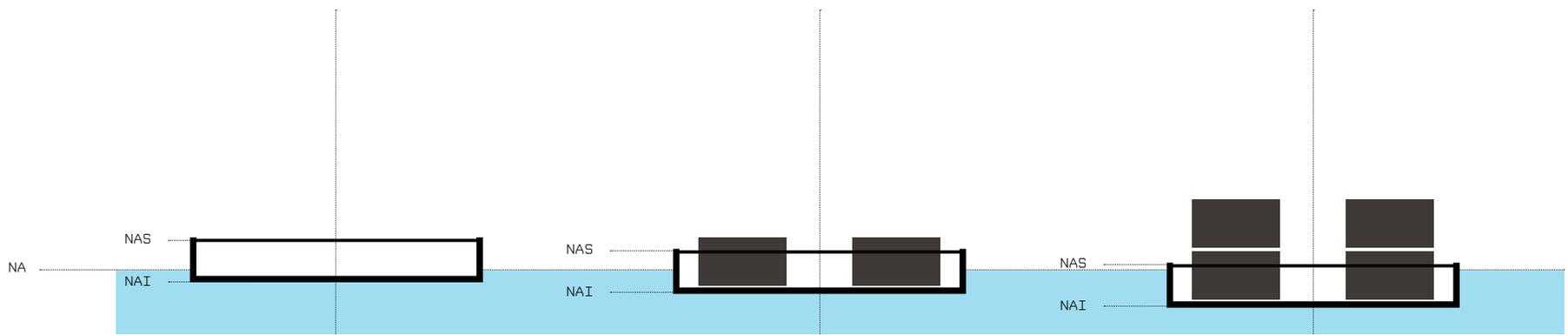
### PASO 3 |

Ubicar la superficie flotante sobre el agua y determinar el volumen de agua desplazado y medir cuanto se unde la superficie y cuanto permances a flote.



### PASO 4 |

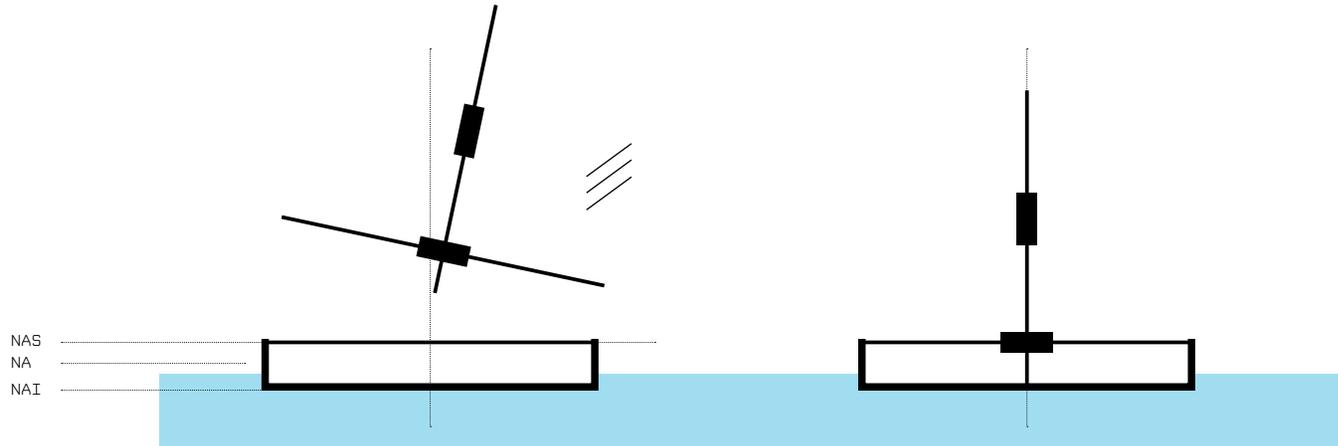
Ubicar la superficie flotante sobre el agua y determinar el volumen de agua desplazado y medir cuanto se unde la superficie y cuanto permances a flote. Luego se procede a ubicar de manera equilibrada, pesos extras sobre la superficie para determinar cuanto peso soporta antes de hundirse.



## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL I

### PASO 5 |

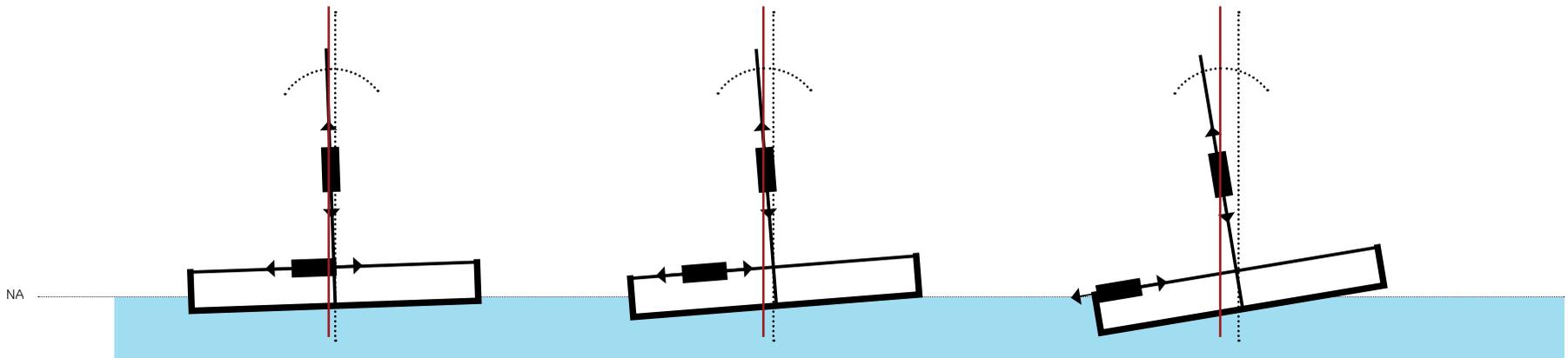
Ubicar la estructura de análisis sobre la superficie, la misma debe ser de igual longitud que la superficie por analizar. Proceder a ubicar la Masa Horizontal en el centro de la superficie, establecer la altura inicial de cálculo de la masa vertical



### PASO 7 |

Este último paso requiere de mucha precisión ya que determinará los grados en los que la superficie tiene mayor y menor estabilidad, además que mediante los registros de los números obtenidos, permitirá obtener: Centro de Flotabilidad, Centro de Masa y Metacentro.

Lo que se debe hacer primero es: establecer una masa vertical y luego mover hacia la derecha, y luego la izquierda, la masa horizontal cada metro según la escala, determinando así los grados de rotación de la superficie, repitiendo este proceso cada vez que se varía la masa vertical.



DOCUMENTO EN PROCESO...

