



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA.
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO AUTÓNOMO DE
LABORATORIO PARA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS
ESTUDIANTILES SOBRE FLOTACIÓN DE CUERPOS PARCIALMENTE
SUMERGIDOS Y PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA
DE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA EN
TUBERÍAS PLÁSTICAS.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL.**

AUTORES:

CARGUA VERGARA ROBERTO MAURICIO.

SIERRA SIMBAÑA MILTON GIOVANNY.

TUTOR: ING ERNESTO ORTIZ.

Quito – Ecuador

2012.

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL.

Yo, Cargua Vergara Roberto Mauricio Y Sierra Simbaña Milton Giovanni, en calidad de autores del trabajo de investigación o tesis realizada sobre **Diseño Y Construcción De Un Equipo Autónomo De Laboratorio Para Realización De Prácticas Estudiantiles Sobre Flotación De Cuerpos Parcialmente Sumergidos Y Para La Determinación De La Resistencia De La Presión Hidrostática Interior Sostenida En Tuberías Plásticas**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 15 de Junio del 2012.

Roberto Cargua V.
CI. 171272419-2

Milton Sierra S.
CI. 172007149-5

CERTIFICACION.

En calidad de Revisor del Proyecto de Investigación:

Diseño y Construcción de un equipo autónomo de laboratorio para realización de prácticas estudiantiles sobre flotación de cuerpos parcialmente sumergidos y para la determinación de la resistencia de la presión hidrostática interior sostenida en tuberías plásticas, Presentado y desarrollado por Roberto Cargua Vergara y Milton Sierra Simbaña, para aprobar el tema del trabajo de graduación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, considero, que el proyecto reúne los requisitos necesarios.

En la ciudad de Quito, a los 15 días del mes de Junio del 2012.

Ing. Ernesto Ortiz.
PROFESOR REVISOR.

AGRADECIMIENTO.

A mis padres por todo el apoyo brindado en mi vida.

Al Ingeniero Ernesto Ortiz, más que un Maestro un amigo, por ser el mentalizador de este proyecto y por toda la ayuda brindada.

A los Ingenieros Fabián Durango y Wilson Zambrano por su colaboración.

A todos los Maestros que compartieron su conocimiento para mi formación.

A todos mis amigos y compañeros que me ayudaron de una u otra manera a lo largo de mi carrera estudiantil.

A mí aquerida Joselin y a mi pequeño Martin por hacerme cambiar el modo de ver la vida.

Milton Sierra S.

AGRADECIMIENTO.

A Dios por ser pilar fundamental en mi vida.

A mis padres, Isabel y Luis por darme la vida, por su apoyo y sacrificio.

A mis hermanos Diego y Paulina por apoyarme en todo momento.

A mis Tíos: Dolores, Galo, Lucrecia, Eduardo y en especial a mi Abuelito Gustavo, quienes confiaron en mí y depositaron toda su confianza.

Al Ing. Orlando Calahorrano y su Esposa quienes me encaminaron en esta profesión y me brindaron la oportunidad de ser su amigo.

A la familia Moreno Valencia quienes me acogieron y me brindaron todo su afecto.

A mi primo Jorge Cargua por su ayuda desinteresada.

Al Ing. Ernesto Ortiz, por el apoyo brindado en la culminación de esta investigación.

Roberto Cargua V.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a la persona que más respeto y admiro, a la persona que con amor y voluntad logro sacar adelante a sus hijos para hacer de ellos personas de bien, sin importar los reveses por los que tuvo que pasar al quedar sola con sus pequeños jamás se rindió y logro lo que para muchas personas parecería imposible. Aunque ahora no estés con nosotros nunca te olvidare y tu ejemplo siempre me inspirara para lograr alcanzar mis metas planteadas. Gracias por formar a la gran persona que es mi madre y darme tu amor desinteresado cuando estabas junto a mí. Nunca te olvidare mi querida abuelita.

Milton Sierra S.

DEDICATORIA.

La culminación de esta tesis está dedicada a Dios y a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos.

También dedico este proyecto a mi novia, Deisy al gran amor de mi vida, compañera inseparable de cada jornada. Gracias por su amor y apoyo en momentos de decline y cansancio.

A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido lograrlo.

Roberto Cargua V.

CONTENIDO.

CERTIFICACION.....	iii
AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE GRAFICOS.....	xviii
LISTA DE FOTOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPITULO 1.....	- 1 -
1.1. Antecedentes.....	- 1 -
1.2. Importancia y justificación del proyecto de modelo hidráulico. . -	2 -
1.3. Objetivos de la tesis.	- 4 -
1.3.1. Objetivos generales.	- 4 -
1.3.2. Objetivos específicos.....	- 4 -
CAPITULO 2.....	- 6 -
2.1 Determinación Experimental de la Altura Metacéntrica de un	
cuerpo flotante, aplicación de la Ley de Arquímedes y la elaboración	
de un instructivo operacional.....	- 6 -

2.1.1. Definiciones de clases de equilibrios en cuerpos flotantes.-	6
-	
2.1.2. Análisis del comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio estable.	- 7 -
2.1.3. Análisis del comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio inestable.	- 8 -
2.1.4. Comportamiento de cuerpos flotantes en condiciones extremas (oleaje).....	- 9 -
2.2. Equipo hidráulico.....	- 11 -
2.2.1. Consideraciones para seleccionar la Escala.	- 11 -
2.2.2. Construcción del equipo físico.	- 21 -
2.2.2.1. Dimensionamiento del equipo.	- 26 -
2.2.2.2. Materiales utilizados.	- 29 -
2.2.2.3. Sistema de alimentación.	- 30 -
2.2.2.4. Accesorios y aparatos para la operación del equipo..	- 30 -
2.3. Calibración del equipo de flotación.....	- 31 -
2.3.1. Comprobación con las formulas teóricas en el equipo en cada uno de los modelos flotantes.	- 31 -
CAPITULO 3.....	- 43 -
3. Práctica de laboratorio con los modelos de madera.	- 43 -
3.1. Introducción teórica.....	- 43 -
3.1.1. Determinación de las masas y pesos de las muestras de madera.....	- 44 -
3.1.2. Determinación de la altura metacéntrica en cuerpos flotantes de madera.....	- 46 -
3.1.2.1. Pruebas con tres tipos de madera de densidades baja, media y alta.	- 49 -
3.1.3. Ensayos.	- 50 -
3.1.4. Preparación de la muestra modelo.	- 50 -

3.1.5. Colocación de la muestra modelo en el tanque de pruebas.....	- 51 -
3.1.6. Procedimiento del ensayo.	- 52 -
3.2. Cálculos y gráficos.	- 58 -
3.3. Conclusiones.....	- 93 -
3.4. Recomendaciones.	- 95 -
CAPITULO 4.....	- 97 -
4.1. Realización de ensayos para determinar la resistencia a la presión hidrostática sostenida en tuberías plásticas en un medio líquido.....	- 97 -
4.1.1. Antecedentes.....	- 97 -
4.1.2. Objetivos.....	- 101 -
4.1.3. Instrumental y equipo.....	- 101 -
4.2. Preparación de la probeta de ensayo.....	- 102 -
4.2.1. Procedimiento.....	- 103 -
4.2.2. Cálculos.....	- 103 -
4.3. Comprobación con muestreo de la resistencia a presión hidrostática sostenida en tuberías plásticas al ambiente.....	- 103 -
4.3.1. Informe de resultados.....	- 105 -
CAPITULO 5.....	- 123 -
5.1. CONCLUSIONES GENERALES.....	- 123 -
CAPITULO 6.....	- 124 -
6.1. RECOMENDACIONES GENERALES.....	- 124 -
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	- 125 -
BIBLIOGRAFIA.....	- 129 -
CAPITULO 7.....	- 130 -
7.1. Anexos.....	- 130 -

7.1.1. NORMA INEN 503.	- 130 -
7.1.2. NORMA INEN 499.	- 134 -
7.1.3. NORMA INEN 1333.	- 141 -
7.1.4. ARCHIVO FOTOGRÁFICO.	- 150 -
7.1.4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO.	- 150 -
7.1.5. ENSAYO.	- 151 -
7.1.5.1. FLOTACION.	- 151 -
7.1.5.2. PRESION HIDROSTATICA INTERIOR SOSTENIDA. ..	- 152 -
7.1.6. Instructivo de prácticas de flotación.	- 154 -
7.1.7. Instructivo de practicas Presión Hidrostática Interior Sostenida.	- 165 -

LISTA DE FIGURAS.

Figura 2. 1. Equilibrio Estable.	- 6 -
Figura 2. 2. Equilibrio Inestable.....	- 6 -
Figura 2. 3. Equilibrio Neutro.	- 7 -
Figura 2. 4. Comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio estable. .	- 7 -
Figura 2. 5. Comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio inestable-	8 -
Figura 2. 6. Métodos para reducir el balanceo.....	- 11 -
Figura 2. 7. Modelo a Escala.	- 12 -
Figura 2. 8. Prototipo.	- 13 -
Figura 2. 9. Modelo a Escala en posición horizontal de Laurel.	- 13 -
Figura 2. 10. Prototipo en posición horizontal de laurel.	- 14 -
Figura 2. 11. Modelo a Escala en posición vertical de Laurel.	- 15 -
Figura 2. 12. Prototipo en posición vertical de Laurel.	- 15 -
Figura 2. 13. Modelo a Escala en posición horizontal de Cedro.	- 16 -
Figura 2. 14. Prototipo en posición horizontal de Cedro.	- 16 -
Figura 2. 15. Modelo a Escala en posición vertical de Cedro.	- 17 -
Figura 2. 16. Prototipo en posición vertical de Cedro.	- 18 -
Figura 2. 17. Modelo a Escala en posición horizontal de Copal	- 19 -
Figura 2. 18. Prototipo en posición horizontal de Cedro	- 19 -
Figura 2. 19. Modelo a Escala en posición vertical de Copal.....	- 20 -
Figura 2. 20. Prototipo en posición vertical de Copal.....	- 21 -
Figura 2. 21. Construcción de Modelos para ensayos en posición horizontal.	- 24 -
Figura 2. 22. Construcción de Modelos para ensayos en posición vertical. - 26 -	
Figura 2. 23. Tanque metálico	- 26 -
Figura 2. 24. Bandeja metálica	- 27 -
Figura 2. 25. Mesa-soporte de bandeja metálica.....	- 27 -
Figura 2. 26. Modelo en posición horizontal.	- 28 -
Figura 2. 27. Modelo en posición vertical.....	- 28 -
Figura 2. 28. Cálculo de las densidades en posición vertical (laurel)...	- 31 -

Figura 2. 29. Calculo de las Densidades en posición horizontal (laurel).-	32
-	
Figura 2. 30. Calculo de las Densidades en posición vertical (cedro)..	33 -
Figura 2. 31. Calculo de las Densidades en posición horizontal (cedro).....	34 -
Figura 2. 32. Calculo de las Densidades en posición vertical (copal). .	35 -
Figura 2. 33. Cálculo de las Densidades en posición horizontal (copal).-	37
-	
Figura 2. 34. Cálculo de centros de gravedad en posición vertical (laurel). -	38 -
Figura 2. 35. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (laurel).....	39 -
Figura 2. 36. Calculo de centros de gravedad en posición vertical (cedro). -	40 -
Figura 2. 37. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (cedro).	40 -
Figura 2. 38. Calculo de centros de gravedad en posición vertical (copal). -	41 -
Figura 2. 39. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (copal).....	42 -
Figura 3. 1. Cuerpo parcialmente sumergido.	43 -
Figura 3. 2. Cuerpo totalmente sumergido.....	44 -
Figura 4. 1. Policloruro de vinilo - PVC	99 -

LISTA DE TABLAS.

Tabla 2. 1. Dimensiones del modelo y prototipo en posición horizontal (Laurel).	- 14 -
Tabla 2. 2. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Laurel)	- 15 -
Tabla 2. 3. Dimensiones de modelo y prototipo en posición horizontal (Cedro).	- 17 -
Tabla 2. 4. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Cedro).	- 18 -
Tabla 2. 5. Dimensiones de modelo y prototipo en posición horizontal (Copal).	- 20 -
Tabla 2. 6. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Copal).	- 21 -
Tabla 2. 7. Dimensiones de modelos a escala en posición horizontal.	- 28 -
Tabla 2. 8. Dimensiones de modelos a escala en posición vertical.	- 29 -
Tabla 2. 9. Cuadro de resúmenes de densidades.	- 38 -
Tabla 3. 1. Determinación de las masas y pesos de las muestras de madera.	- 44 -
Tabla 3. 2. Cuadro de masas calibradas.	- 45 -
Tabla 3. 3. Cuadro de masas ensayadas.	- 45 -
Tabla 3. 4. Empuje del agua y masa del cuerpo.	- 45 -
Tabla 3. 5. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)	- 59 -
Tabla 3. 6. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)	- 60 -
Tabla 3. 7. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)	- 61 -
Tabla 3. 8. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)	- 62 -
Tabla 3. 9. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)	- 63 -
Tabla 3. 10. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)	- 64 -
Tabla 3. 11. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)	- 65 -
Tabla 3. 12. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)	- 66 -
Tabla 3. 13. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)	- 67 -
Tabla 3. 14. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)	- 68 -

Tabla 3. 15. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (LAUREL)	- 69 -
Tabla 3. 16. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (LAUREL)	- 70 -
Tabla 3. 17. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (LAUREL)	- 71 -
Tabla 3. 18. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (LAUREL)	- 72 -
Tabla 3. 19. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (LAUREL)	- 73 -
Tabla 3. 20. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)	- 74 -
Tabla 3. 21. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)	- 75 -
Tabla 3. 22. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)	- 76 -
Tabla 3. 23. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)	- 77 -
Tabla 3. 24. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)	- 78 -
Tabla 3. 25. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)	- 79 -
Tabla 3. 26. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)	- 80 -
Tabla 3. 27. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)	- 81 -
Tabla 3. 28. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)	- 82 -
Tabla 3. 29. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)	- 83 -
Tabla 3. 30. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (LAUREL)	- 84 -
Tabla 3. 31. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (LAUREL)	- 85 -
Tabla 3. 32. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (LAUREL)	- 86 -

Tabla 3. 33. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (LAUREL)	- 87 -
Tabla 3. 34. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (LAUREL)	- 88 -
Tabla 3. 35. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (1° LECTURA).....	- 89 -
Tabla 3. 36. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (2° LECTURA).....	- 90 -
Tabla 3. 37. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (3° LECTURA).....	- 90 -
Tabla 3. 38. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (1° LECTURA).....	- 91 -
Tabla 3. 39. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (2° LECTURA).....	- 92 -
Tabla 3. 40. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (3° LECTURA).....	- 93 -
Tabla 4. 1. Tolerancias de los parámetros de ensayo.	- 102 -
Tabla 4. 2. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 50 mm.....	- 105 -
Tabla 4. 3. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 75mm.....	- 106 -
Tabla 4. 4. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 110mm....	- 107 -
Tabla 4. 5. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 50mm.....	- 108 -
Tabla 4. 6. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 75mm.....	- 109 -
Tabla 4. 7. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 110mm....	- 110 -
Tabla 4. 8. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 50mm.	- 111 -

Tabla 4. 9. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 75mm. ... -	112 -
Tabla 4. 10. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 110mm. -	113 -
Tabla 4. 11. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 50mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 114 -
Tabla 4. 12. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 75mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 115 -
Tabla 4. 13. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 110 mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 116 -
Tabla 4. 14. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 50 mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 117 -
Tabla 4. 15. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 75mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 118 -
Tabla 4. 16. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 110mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 119 -
Tabla 4. 17. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 50mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 120 -
Tabla 4. 18. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 75mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 121 -
Tabla 4. 19. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 110 mm. EN MEDIO LÍQUIDO.	- 122 -

LISTA DE GRAFICOS.

Grafico 3. 1. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 1º LECTURA	- 89 -
Grafico 3. 2. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 2º LECTURA	- 90 -
Grafico 3. 3. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 3º LECTURA	- 91 -
Grafico 3. 4. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 1º LECTURA.	- 92 -
Grafico 3. 5. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 2º LECTURA.	- 92 -
Grafico 3. 6. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 3º LECTURA	- 93 -

LISTA DE FOTOS.

Foto 2. 1. Tanque Metálico.	- 22 -
Foto 2. 2. Bandeja metálica.	- 22 -
Foto 2. 3. Aparato generador de olas artificiales en el tanque.	- 23 -
Foto 2. 4.. Aparato generador de olas artificiales en la bandeja.	- 23 -
Foto 2. 5. Accesorios y aparatos para la operación del equipo.	- 31 -
Foto 3. 1. Determinación de la altura metacéntrica en cuerpos flotantes de madera.....	- 47 -
Foto 3. 2. Esquema de las fuerzas que actúan en un cuerpo inclinado respecto de la posición de equilibrio.	- 48 -
Foto 3. 3. Procedimiento del ensayo en posición horizontal.	- 52 -
Foto 3. 4. Procedimiento del ensayo en posición vertical	- 55 -

RESUMEN.

El país por ser costero y poseer gran cantidad de ríos y lagos navegables tiene potencial de construcción de barcos, por lo cual los estudiantes de ingeniería civil deben reforzar los conocimientos que se adquieren en las aulas sobre flotación, observando en modelos a escala los fenómenos hidráulicos que ocurren.

Un anhelo de la facultad de ingeniería civil ha sido la de preparar a sus alumnos de una manera teórico-práctica, de ahí la importancia de la implantación del laboratorio de Hidráulica.

Este trabajo estudiará las variaciones presentadas en la flotación dependiendo de la densidad del cuerpo flotante (barco a escala).

Además se podrá observar la resistencia de la presión hidrostática interior sostenida en tuberías plásticas en un medio líquido y al aire libre.

El proyecto servirá además como guía para futuras construcciones de modelos, enriqueciendo los conocimientos de los estudiantes, quienes serán los mayores beneficiados.

DESCRIPTORES: Embarcaciones/Altura metacéntrica/Prototipo y Modelo/Prácticas en Modelos/Resistencia de La Presión Hidrostática/Preparación de Muestras/Ensayo en Tuberías Comerciales

ABSTRACT.

The country being coastal and have large number of navigable rivers and lakes has the potential of shipbuilding, for which civil engineering students should reinforce the knowledge acquired in the classroom on floating, watching mock-hydraulic phenomena they occur.

A yearning for the civil engineering faculty has been to prepare students in a theoretical and practical, hence the importance of implementing the Hydraulics Laboratory.

This paper will examine the changes made in the flotation depending on the density of the floating body (boat to scale).

Furthermore it will be seen the resistance of the hydrostatic pressure inside plastic tubing held in a liquid medium and outdoors.

The project will also serve as a guide for future construction of models, enriching the knowledge of students who will be the biggest beneficiaries.

DESCRIPTORS: Boats / metacentric height / Prototype Model / Internship Models / Resistance Hydrostatic Pressure / Sample Preparation / Testing Pipeline Commercial.

CAPITULO 1.

1.1. Antecedentes.

No es de extrañar que al mirar al mar nos encontremos con numerosos barcos, bien sean veleros, pequeñas embarcaciones a motor o incluso grandes buques pesqueros.

Se trata de una estampa con la que estamos de sobra familiarizados por lo que a menudo nos resulta inadvertida, pero, ¿nos hemos preguntado alguna vez por qué flotan los barcos? O por ejemplo, ¿cuál es el motivo de que un barco se hunda hasta cuatro veces más en un río que en el mar muerto?

El exterior del barco está fabricado con materiales mucho más densos que el agua de mar; sin embargo, el volumen total del barco es mayoritariamente aire. Si hacemos media para obtener la densidad total del barco, obtendremos una densidad mucho menor que la del agua, de modo que parte del barco se mantiene fuera del agua.

Vemos así, que para contabilizar la densidad de un cuerpo hemos de tener en cuenta cada parte del mismo que desplaza el agua, incluido el aire que pueda contener. Esta es la clave del asunto. También es cierto que necesitamos para nuestro experimento una gran cantidad de agua para que el cuerpo que flote pueda desplazar el volumen de agua requerido: es claro que una persona puede flotar en una piscina pero no en la bañera. En el caso de un barco, puesto que un metro cúbico de agua pesa una tonelada, para hacer flotar totalmente (reducir su peso a cero) a un barco de 1000 toneladas es preciso que desplace 1000 m³ de agua. Es decir que el volumen del barco, por debajo de su línea de flotación, debe ser de, un cubo de 10 m por lado. Si es más largo que ancho no tiene por qué estar tan sumergido y será de menor calado.

Criterios de estabilidad, también desarrollados por Arquímedes, son algunos de los aspectos que determinan la forma más adecuada para el casco del barco, la parte sumergida. Una vez dicho esto, para un objeto cuya densidad es menor que la del agua, podemos encontrar de manera

sencilla el porcentaje del volumen del objeto que quedará sumergido. Existe una expresión general para hallar tal fracción.

Un objeto sumergido en agua pesa menos que cuando no lo está porque siempre el agua empuja el cuerpo hacia arriba, en sentido contrario al de la gravedad.

Vol. Que queda Sumergido / Vol. Total del cuerpo = densidad del cuerpo / densidad del agua

Así, por ejemplo, el corcho tiene una densidad de 200 Kg/m^3 ; al sumergirlo en agua densidad 1000 kg/m^3 , quedará sumergido un quinto del volumen del corcho.

Otro ejemplo: la densidad del hielo es de 920 Kg/m^3 y la del agua de mar es 1025 Kg/m^3 , de modo que la fracción que queda sumergida de un iceberg es de 89.8%; es decir, que sólo vemos aproximadamente el 10% del volumen total del iceberg, de ahí que su peligro real reside en la parte sumergida, que representa mayor volumen. Por otro lado, además, el agua salada tiene mayor densidad que el agua dulce, por lo que los cuerpos flotarán mejor en agua salada: la fracción es más pequeña y por tanto el porcentaje de volumen sumergido será menor.

En el caso nuevamente del barco, si vamos cargando el barco, evidentemente iremos aumentando su densidad global, de modo que mediante la fórmula dada para la proporción de volumen sumergido, veremos que la línea de flotación del barco ha disminuido un tanto (el barco se ha sumergido un poco más). Y, evidentemente, llevando las cosas al caso extremo, podemos acabar hundiendo un barco si se produce una perforación y éste empieza a llenarse de agua.

1.2. Importancia y justificación del proyecto de modelo hidráulico.

En primer lugar cabe destacar que la construcción del modelo, ayudará en aprendizaje mediante prácticas estudiantiles llevadas a cabo en este modelo.

La importancia de la estructura que se está estudiando es de gran costo y complejidad, cuya falla acarrearía graves consecuencias debemos pensar necesariamente en una investigación en modelo. Pero, al tratarse de una estructura pequeña, fácilmente reparable y cuya destrucción o colapso no

tuviere consecuencias graves, podría no requerirse de un estudio en modelo reducido.

La teoría requerida para el diseño es incompleta. Las fórmulas de la Hidráulica corresponden en su mayor parte a situaciones idealizadas en un mundo bidimensional.

Pero, hay también consideraciones de otro tipo como la posibilidad de introducir un ahorro importante en el costo de las obras. La experiencia demuestra que determinadas estructuras pueden ser igualmente eficientes y seguras, a un menor costo. El modelo permite la comprobación, y/o, a veces, el descubrimiento de este hecho.

La última, pero no por eso menos importante, razón para hacer una investigación en modelo, es la de elevar el grado de seguridad de la estructura. La investigación mediante un modelo físico, es decir, la visualización del comportamiento de la estructura en tres dimensiones permite observar y, a veces, intuir problemas que no habían sido imaginados durante el diseño en gabinete.

La justificación de la construcción del modelo hidráulico es muy variada. Una de las más importantes es la tridimensionalidad. En un modelo el flujo es tridimensional. Esta es una gran diferencia con respecto a la mayor parte de las fórmulas que se emplea en la Hidráulica, las que corresponden a modelos bidimensionales. Adicionalmente, el modelo permite apreciar el funcionamiento de la estructura en tres dimensiones.

Un modelo permite también el estudio de diversas condiciones de diseño y operación.

El modelo permite también el estudio y análisis de varias alternativas de diseño.

El modelo es también muy útil para ensayar las Reglas de Operación.

Sabemos que la determinación de la mejor forma de operación de una estructura es un proceso de aproximaciones sucesivas. La primera versión la ofrece el proyectista. La investigación en modelos reducidos debe permitir la obtención de una segunda versión que recoja lo observado en el modelo y es la que se usará al ponerse en

funcionamiento la obra. La experiencia y la observación de la estructura permitirán mejorar continuamente las reglas de operación.

Cualquiera de estas cinco razones podría ser suficiente para justificar técnicamente un modelo hidráulico reducido.

1.3. Objetivos de la tesis.

1.3.1. Objetivos generales.

- Realizar un equipo para el Laboratorio de Hidráulica que ayude en el aprendizaje de los estudiantes
- Garantizar los resultados requeridos a costo reducido
- Asegurar la normal operación de una estructura de tamaño real mediante un modelo a escala
- Estudiar y analizar varias alternativas de diseño
- Aprender el funcionamiento de la estructura en tres dimensiones
- Comprobar las fórmulas que se emplea en la Hidráulica, las que corresponden a modelos bidimensionales.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Entender de manera clara y precisa cuales son las causas y efectos de la flotación en embarcaciones.
- Determinar en forma teórica las fuerzas de empuje generadas por un agua sobre un cuerpo.
- Comprender el principio de Arquímedes en forma teórica rápida y sencilla los problemas de flotación.
- Determinar las fuerzas de empuje de la embarcación u objeto que se encuentran en flotación
- Estudiar, a través del experimento, el comportamiento de un barco en condiciones extremas (oleaje)
- Observar las diferencias resultantes al realizar las practicas en equilibrio y en condiciones extremas

- Verificar la validez de las ecuaciones que describen el equilibrio estable e inestable.

CAPITULO 2.

2.1 Determinación Experimental de la Altura Metacéntrica de un cuerpo flotante, aplicación de la Ley de Arquímedes y la elaboración de un instructivo operacional.

2.1.1. Definiciones de clases de equilibrios en cuerpos flotantes.

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. (Ver fig. 2.1).

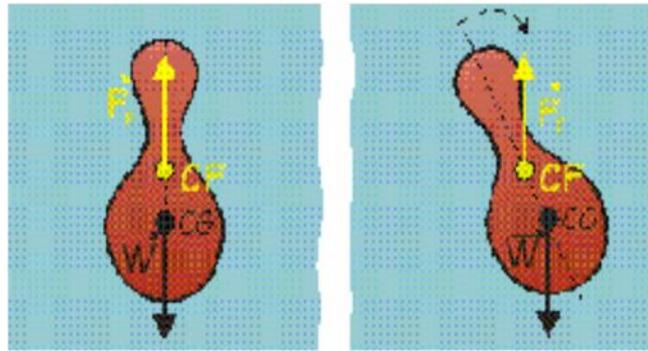


Figura 2. 1. Equilibrio Estable.

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. (Ver fig. 2.2).

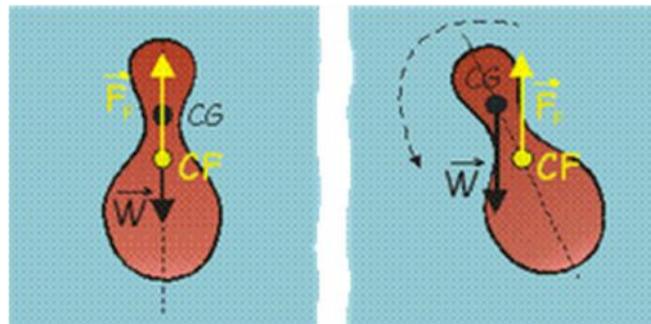


Figura 2. 2. Equilibrio Inestable

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 y el centro de flotación coinciden.

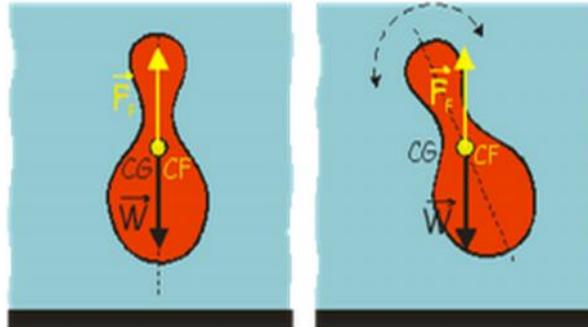


Figura 2. 3. Equilibrio Neutro.

2.1.2. Análisis del comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio estable.

Una vez que ya se ha visto cuales son las fuerzas que hacen que el cuerpo flote vamos a ver como se comportan dichas fuerzas cuando ese cuerpo se inclina.

Supongamos que el cuerpo por efecto de una ola se inclina a una banda y que dicha inclinación es inferior a $\alpha=10^\circ$.

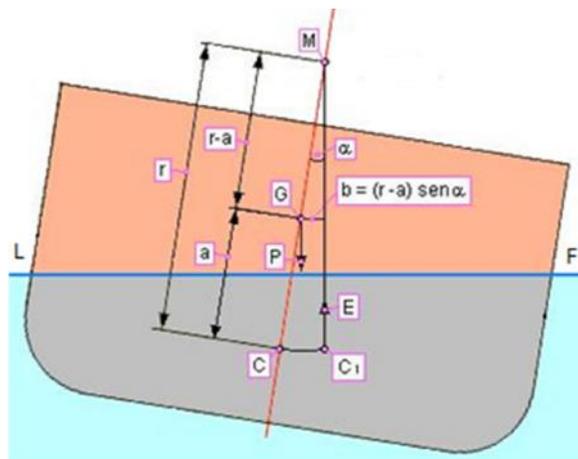


Figura 2. 4. Comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio estable.

En ese caso una vez que, la causa que hace inclinar al cuerpo desaparece, este se encuentra sometido a solo dos fuerzas P y E ambas del mismo valor y perpendiculares a la línea de flotación (L - F), pero sin quedar en una misma posición vertical tal y como ocurría en el caso

inicial. Como vemos en la figura, P actúa sobre el centro de gravedad G, y E sobre el nuevo centro de carena C1, en estas condiciones ambas fuerzas forman un brazo b que es igual a la distancia entre la vertical G-P y M-C1. Ese par (de nombre par adrizante) tiende a restablecer el equilibrio inicial haciendo girar al cuerpo en sentido contrario lo que hace que consideremos que dicho equilibrio es estable, pues la recta que representa al empuje corta la vertical del cuerpo por encima del centro de gravedad.

Esto es así porque $r-a$ es mayor que 0 y por tanto el metacentro M se encuentra por encima del centro de gravedad y el cuerpo siempre vuelve a la situación inicial

2.1.3. Análisis del comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio inestable.

Este caso se refiere a la situación en la cual el metacentro se sitúa por debajo del centro de gravedad, cosa que ocurre en algunos casos y por circunstancias ajenas a una situación normal de navegación también lo vamos a hacer con la inclinación anterior.

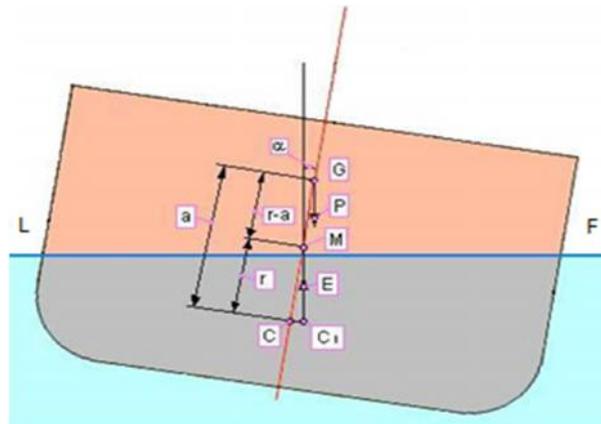


Figura 2. 5. Comportamiento del cuerpo flotante en equilibrio inestable.

En este caso vemos que no solo no existe par adrizante si no que además tenemos dos fuerzas que actúan a favor de la inclinación.

En el Fig.2.4 vemos como la recta que une el centro de carena C1 con el metacentro M corta el eje vertical del cuerpo por debajo del centro de gravedad G, situación que comparada con la primera es totalmente opuesta.

En este caso se dice que el buque se encuentra en equilibrio inestable y r es menor que 0 y por tanto el cuerpo tiende a dar la vuelta si ninguna fuerza externa o interna se opone al par negativo.

Las situaciones descritas son válidas para inclinaciones iguales o inferiores a los 10° pues se supone que el cuerpo en su balanceo describe en esos casos un arco de circunferencia, para inclinaciones superiores hay ciertas diferencias marcadas por el hecho de que los arcos tienen un centro y arco de curvatura distintos, aunque a efectos prácticos se considera que el movimiento es dependiente de C (punto de aplicación de la fuerza ascendente).

2.1.4. Comportamiento de cuerpos flotantes en condiciones extremas (oleaje).

El cuerpo flotante se balancea cuando se inclina de un modo alternativo es decir, se inclina hacia una banda vuelve a recupera su posición estable y vertical y se inclina hacia el lado contrario repitiéndose el proceso un número indeterminado de veces mientras se encuentre afectado por fuerzas exteriores transversales.

El movimiento de balanceo tiene naturaleza periódica y los ángulos máximos de inclinación pueden alcanzar algunas decenas de grados por lo que este balanceo afecta directamente a la estabilidad y seguridad.

El movimiento de balanceo es complejo porque en él influyen muchos factores como pueden ser las olas, que pueden incrementar o amortiguar el movimiento, también la resistencia del agua al mismo, el calado, el ancho del barco, la altura del metacentro, etc.

El periodo de balanceo tiene por lo general los siguientes valores.

1.- Para buques mercantes. Unos 10 segundos para buques grandes y 5 para los pequeños.

2.- Para buques de guerra. Unos 7 segundos para cruceros y buques mayores y entre 5 y 3 para los buques ligeros y pequeños.

No obstante hay que tener en cuenta que la amplitud máxima de la oscilación se reduce al aumentar el ancho del barco y el calado del cuerpo flotante respecto a la longitud de la onda y en caso de un oleaje regular. También depende de los valores de los periodos de oscilación del

cuerpo flotante respecto a los de las olas; si ambos son próximos el cuerpo flotante tiende a permanecer paralelo a la superficie de la ola con un balanceo alto, lo que ocurre cuando hay marejada, cosa que suele suceder con un cuerpo flotante de periodo pequeño siendo las oscilaciones menores con mar en calma.

Pero cuando la diferencia entre ambos periodos es alta sus efectos tienden a contrarrestarse y el cuerpo flotante en marejada se balancea menos, aunque son más sensibles a las oscilaciones con mar en calma.

El cabeceo consiste en un movimiento de inclinación longitudinal y alternativo del cuerpo flotante. Los ángulos de cabeceo de inclinación del cabeceo son por lo general menores que los del balanceo del orden de algunos grados.

El cabeceo puede aumentar mucho con el mal estado de la mar, si el avance del cuerpo flotante es contra el sentido de propagación del movimiento ondulatorio, (contra las olas) puede ser peligroso si hay sincronismo entre el periodo del cuerpo flotante y el de la ola para amortiguar o evitar ese efecto se cambia de rumbo o se disminuye la velocidad.

Por último decir que se han estudiado métodos para reducir el balanceo y se han aplicado; entre ellos están las quillas de balance, las aletas estabilizadoras antibalance, los tanques estabilizadores y los giróscopos estabilizadores. El elemento más común de los mencionados en todo el cuerpo flotante son las quillas de balance situadas a lo largo del pantoque y en una distancia variable que suele ser aproximadamente el tercio de la longitud del barco (Ver fig. 2.6).

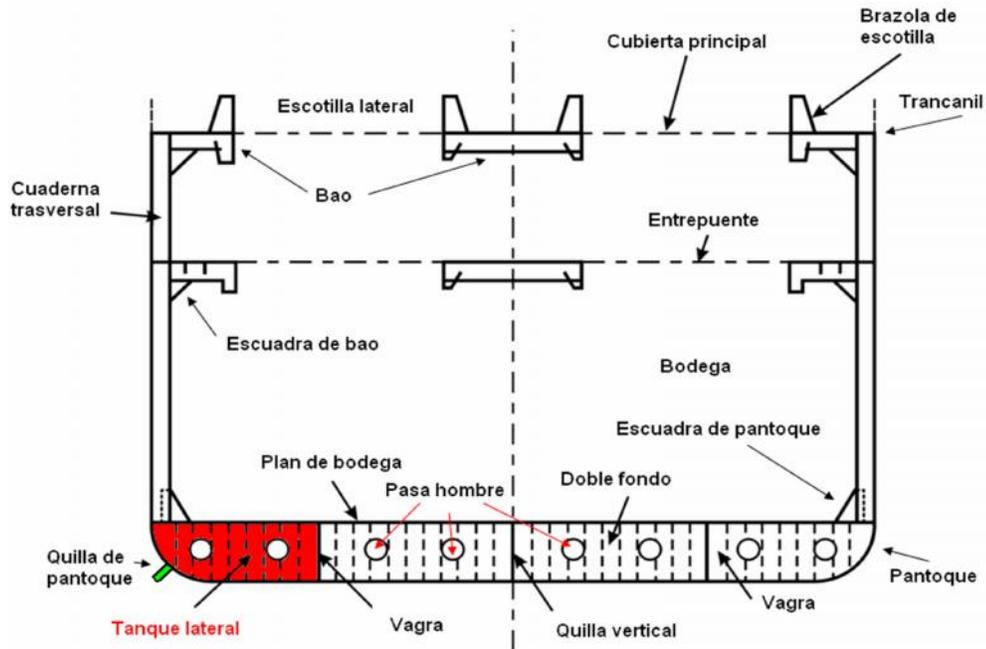


Figura 2. 6. Métodos para reducir el balanceo.

2.2. Equipo hidráulico.

2.2.1. Consideraciones para seleccionar la Escala.

Para la selección de escalas se requiere no sólo el conocimiento profundo de las circunstancias teóricas aplicables, sino también las vinculadas al laboratorio en el que se va a realizar la investigación, tales como:

- Espacio de Laboratorio
- Abastecimiento de agua.
- Capacidad del ventilador
- Precisión de los instrumentos existentes
- Tiempo
- Dinero

Los modelos hidráulicos que tengan superficies relativamente suaves, las escalas varían entre 1:50 a 1:15 (distancia en el modelo: distancia en el prototipo) estos modelos nunca deben distorsionarse.

Para la práctica se tiene similitud geométrica ya que cumple lo siguiente:

Un modelo y un prototipo son geoméricamente similares si todas las dimensiones del cuerpo en cada una de las direcciones de los ejes coordenados se relacionan mediante la misma escala de longitudes.

El modelo y prototipo deben ser idénticos en forma y únicamente diferir en el tamaño. Por tanto cualquier longitud del prototipo puede obtenerse multiplicando su longitud homóloga en el modelo por la escala.

$$L_p = L_e * L_m$$

Donde:

L_p = Longitud del prototipo.

L_m = Su longitud homóloga en el modelo.

L_e = Escala.

Modelo.

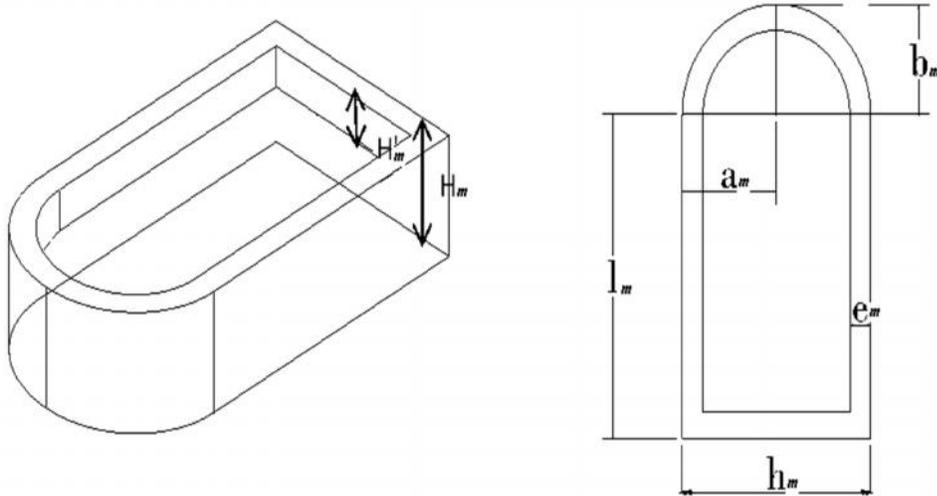


Figura 2. 7. Modelo a Escala.

Prototipo.

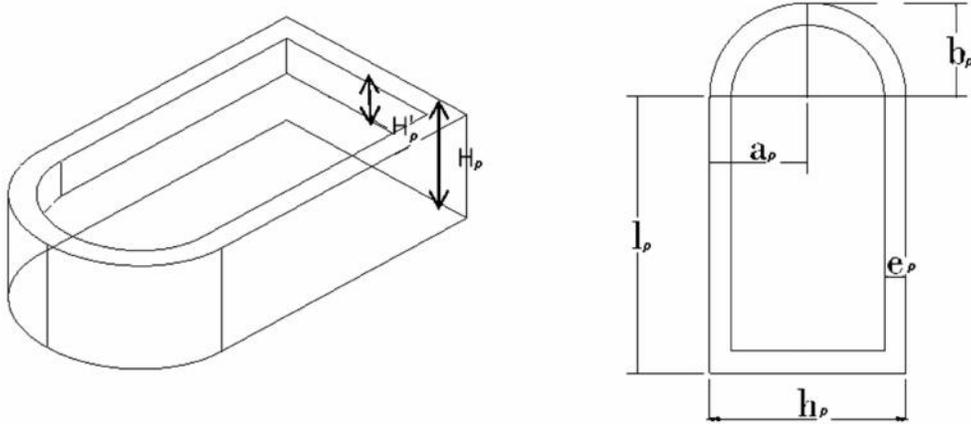


Figura 2. 8. Prototipo.

A continuación determinamos las medidas del prototipo al que corresponde el modelo ensayado en la práctica usando una escala de 1:50 para los distintos materiales utilizados:

Laurel.

Posición horizontal.

Modelo.

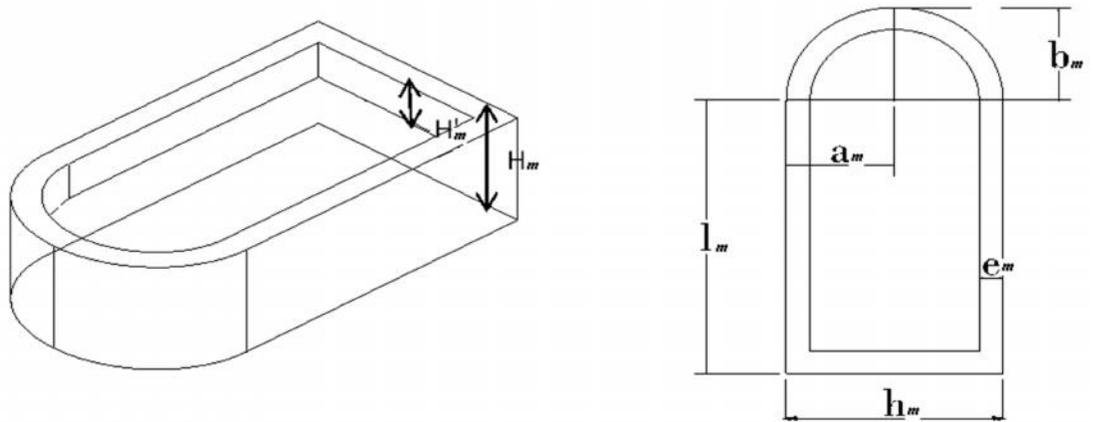


Figura 2. 9. Modelo a Escala en posición horizontal de Laurel.

Prototipo.

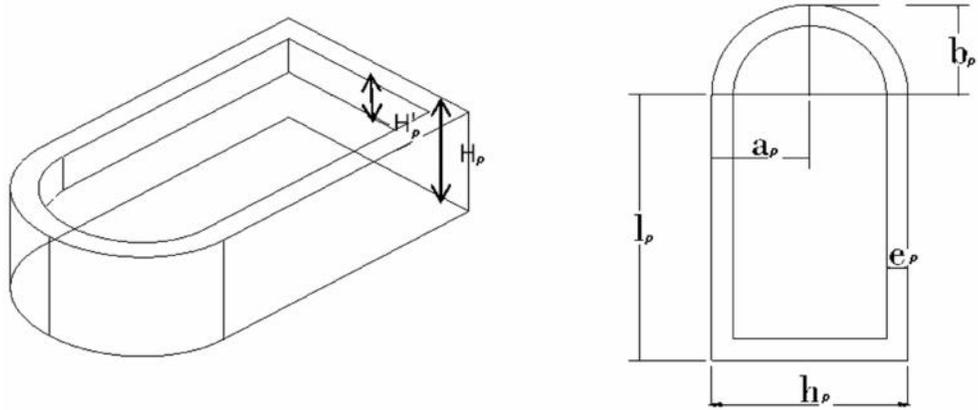


Figura 2. 10. Prototipo en posición horizontal de laurel.

Tabla 2. 1. Dimensiones del modelo y prototipo en posición horizontal (Laurel).

MODELO	PROTOTIPO
Hm=11,5cm	Hp=5,75m
H'm=3,9cm	H'p=1,95m
m=29,7cm	lp=14,85m
hm=21,8cm	hp=10,9m
am=10,9cm	ap=5,45m
bm=10,1cm	bp=5,05m
em=2,4cm	ep=1,2m

Posición vertical.

Modelo.

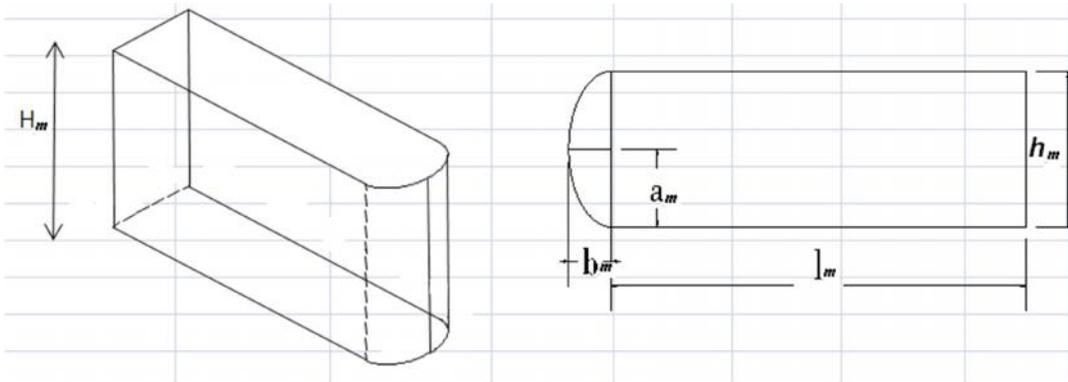


Figura 2. 11. Modelo a Escala en posición vertical de Laurel.

Prototipo.

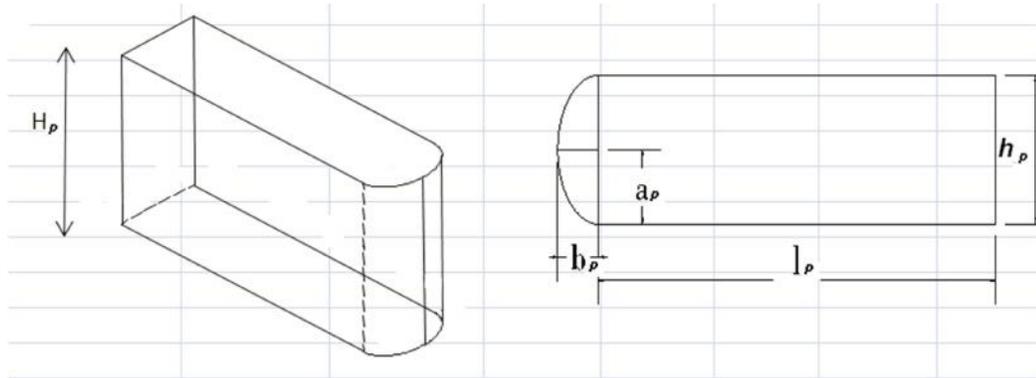


Figura 2. 12. Prototipo en posición vertical de Laurel.

Tabla 2. 2. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Laurel)

MODELO	PROTOTIPO
$H_m=16,6$ cm	$H_p=8,3$ m
$a_m=3,8$ cm	$a_p=1,9$ m
$b_m=2,6$ cm	$b_p=1,3$ m
$l_m=25,2$ cm	$l_p=12,6$ m
$h_m=7,6$ cm	$h_p=3,8$ m

Cedro.

Posición horizontal.

Modelo.

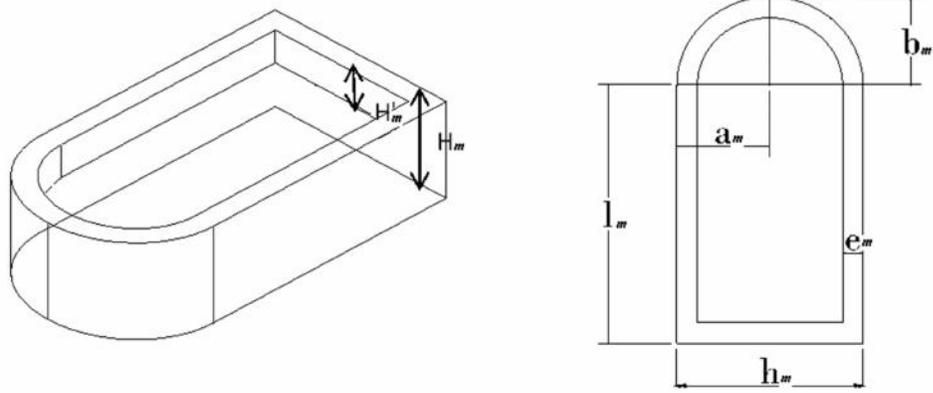


Figura 2. 13. Modelo a Escala en posición horizontal de Cedro.

Prototipo.

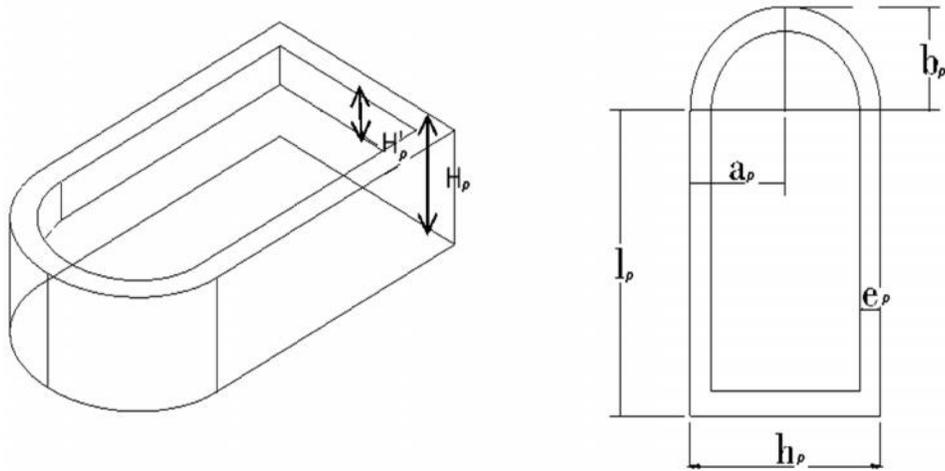


Figura 2. 14. Prototipo en posición horizontal de Cedro.

Tabla 2. 3. Dimensiones de modelo y prototipo en posición horizontal (Cedro).

MODELO	PROTOTIPO
$H_m=11,6$ cm	$H_p=5,8$ m
$H'_m=3,9$ cm	$H'_p=1,95$ m
$l_m=30,3$ cm	$l_p=15,15$ m
$h_m=21,8$ cm	$h_p=10,9$ m
$a_m=10,9$ cm	$a_p=5,45$ m
$b_m=9,7$ cm	$b_p=4,85$ m
$e_m=2,5$ cm	$e_p=1,25$ m

Posición vertical.

Modelo.

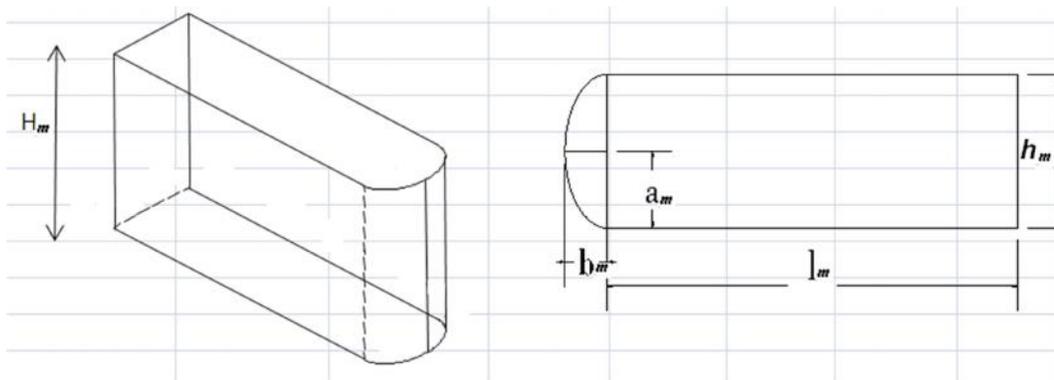


Figura 2. 15. Modelo a Escala en posición vertical de Cedro.

Prototipo.

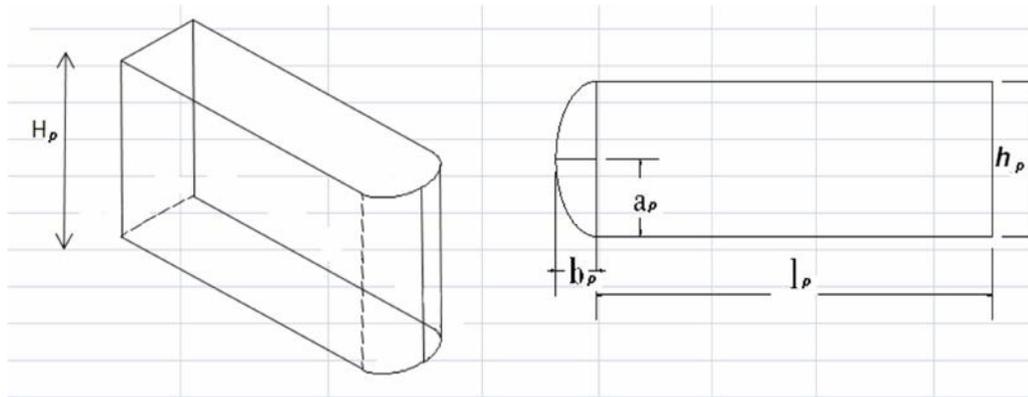


Figura 2. 16. Prototipo en posición vertical de Cedro.

Tabla 2. 4. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Cedro).

MODELO	PROTOTIPO
Hm=16,8cm	Hp=8,4 m
am=3,95 cm	ap=1,98 m
bm=1,6 cm	bp=0,8 m
lm=26,2 cm	lp=13,1 m
hm=7,9 cm	hp=3,95 m

Copal

Posición horizontal.

Modelo.

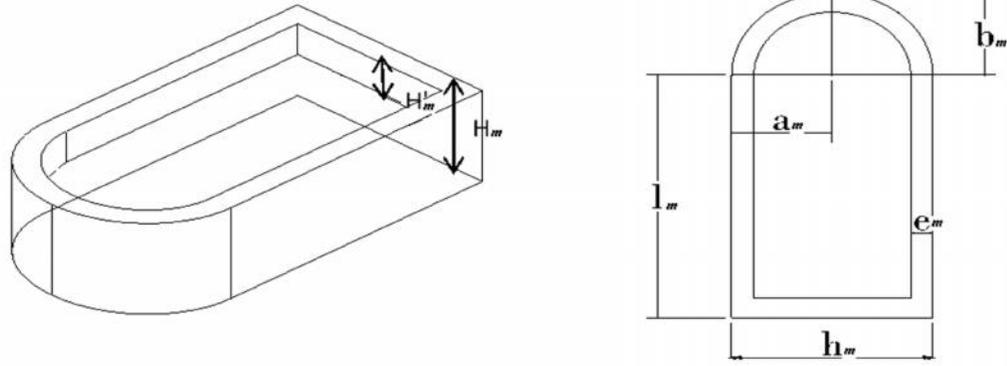


Figura 2. 17. Modelo a Escala en posición horizontal de Copal

Prototipo.

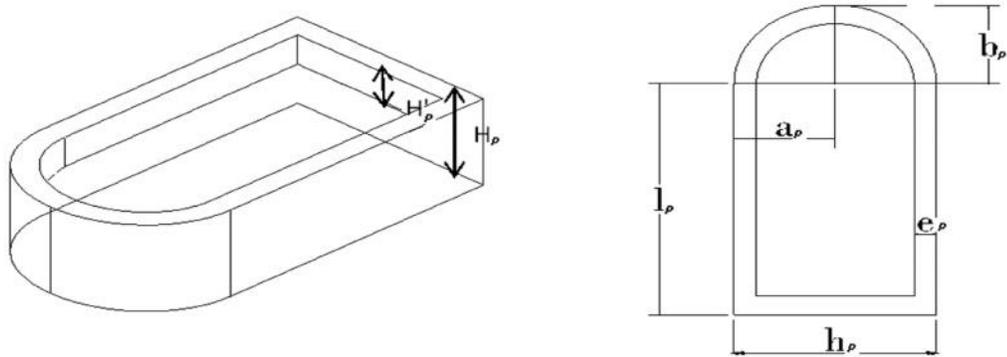


Figura 2. 18. Prototipo en posición horizontal de Cedro

Tabla 2. 5. Dimensiones de modelo y prototipo en posición horizontal (Copal).

MODELO	PROTOTIPO
Hm=11,7 cm	Hp=5,85 m
H'm=3,9 cm	H'p=1,95 m
lm=30,2 cm	lp=15,1 m
hm=22 cm	hp=11 m
am=11 cm	ap=5,5 m
bm=9,8 cm	bp=4,9 m
em=2,5 cm	ep=1,25 m

Posición vertical

Modelo.

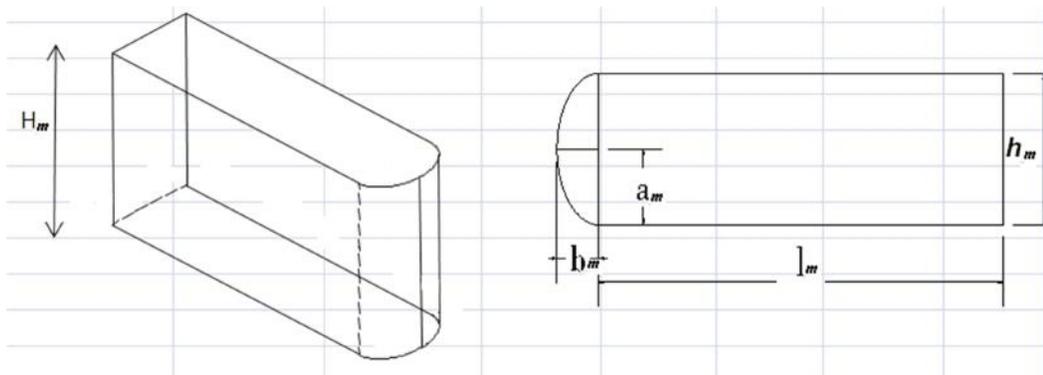


Figura 2. 19. Modelo a Escala en posición vertical de Copal.

Prototipo.

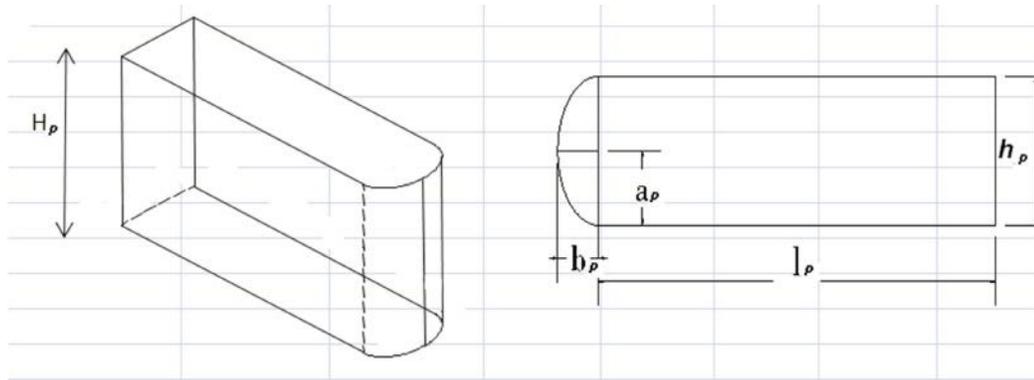


Figura 2. 20. Prototipo en posición vertical de Copal.

Tabla 2. 6. Dimensiones de modelo y prototipo en posición vertical (Copal).

MODELO	PROTOTIPO
Hm=16,5 cm	Hp=16,5 m
am=3,85 cm	ap=3,85 m
bm=2,7 cm	bp=2,7 m
lm=25 cm	lp=25m
hm=7,7 cm	hp=7,7 m.

2.2.2. Construcción del equipo físico.

Para la construcción de las partes principales del modelo hidráulico se acudió a talleres con amplia experiencia; la selección de los materiales se realizó en base a la disponibilidad en el mercado, costo, durabilidad y fácil manejo.

Los materiales elegidos para las estructuras más importantes del modelo hidráulico son los metales por su resistencia, la madera por su resistencia con reducido peso.

A continuación se describe brevemente el proceso constructivo de las partes más importante del modelo.

Tanque metálico.- el tanque es una estructura rectangular de (2.10x1.10x1.19) m, y conformado por ángulos y por planchas de tol soldadas de 5mm, para evitar la corrosión tiene pintura antioxidante de

color tomate. En una de las paredes tiene un visor de (0.49x0.61) m que nos permite ver con facilidad los ensayos realizados.



Foto 2. 1. Tanque Metálico.

Bandeja metálica.- la bandeja consta de una estructura metálica rectangular de ángulos soldados a láminas de tol de 2 mm y pintada con pintura anticorrosiva tomate.



Foto 2. 2. Bandeja metálica.

Aparato generador de olas artificiales.- para generar olas artificiales se colocó en un extremo del tanque un ventilador con hélice de 110v y de 80revoluciones por minuto.



Foto 2. 3. Aparato generador de olas artificiales en el tanque.

Para la bandeja se escogió un blower de 110v y de 50/60 revoluciones por minuto.



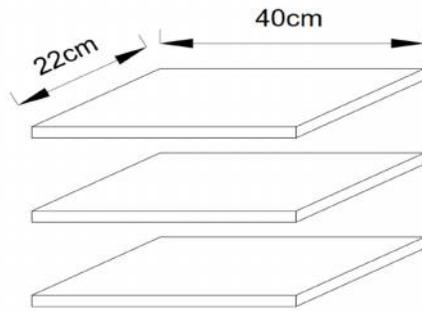
Foto 2. 4.. Aparato generador de olas artificiales en la bandeja.

Modelo para ensayos en posición horizontal.-para este modelo se utilizo tres tipos de maderas para obtener tres modelos de las mismas medidas pero de diferente densidad.

1. Para los tres casos se utilizo un tablón, del cual cortamos piezas de (40x22) cm.
2. Se pegaron tres piezas para luego ser redondeados con un radio igual a la mitad del ancho del corte obtenido.
3. La tercera pieza se la ahueco dejado un espesor de aproximadamente 2.5cm en todo el contorno del corte.
4. Para asegurar su impermeabilidad se coloco una capa de fondo plomo, para luego darle un acabado de pintura esmalte blanco.

5. Se realizo un agujero en el cual se pondrá el mástil, se atornillo un eje con pesas y se atornillo una regla al costado y paralelamente al eje de las masas.

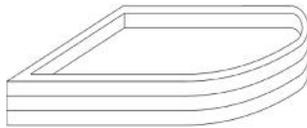
1.



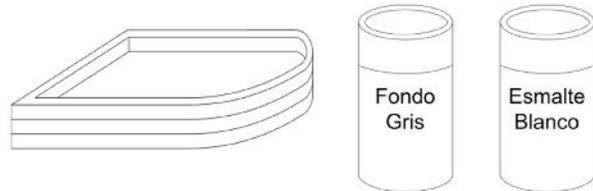
2.



3.



4.



5.



Figura 2. 21. Construcción de Modelos para ensayos en posición horizontal.

Modelo para ensayos en posición vertical.-al igual que el caso anterior para este modelo se utilizo tres tipos de maderas para obtener tres modelos de las mismas medidas pero de diferente densidad.

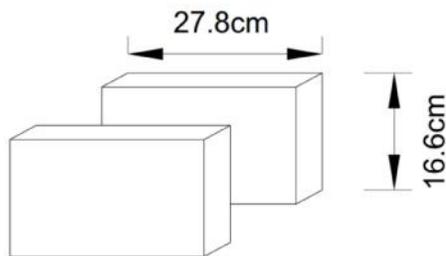
1.1 Para los tres casos se utilizo un tablón del cual se cortaron tres piezas de (16,6x27, 8) cm.

2.1 Se pegaron dos piezas para luego ser redondeados con un radio igual a la mitad del ancho del corte obtenido.

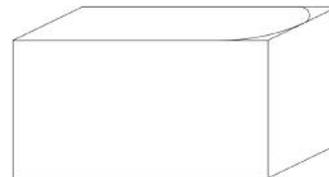
3.1 Para asegurar su impermeabilidad se coloco una capa de fondo plomo, para luego darle un acabado de pintura esmalte blanco.

4.1 Atornillar una regla al costado para medir el hundimiento, colocar un cárcamo en el centro de gravedad del modelo para poner el porta pesas con las masas.

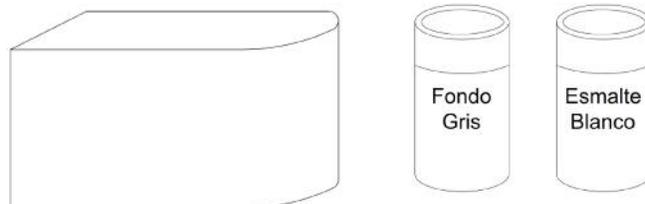
1.



2.



3.



4.





Figura 2. 22. Construcción de Modelos para ensayos en posición vertical.

2.2.2.1. Dimensionamiento del equipo.

El modelo será utilizado por los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil para reforzar los conocimientos hidráulicos, por lo que las medidas del mismo serán las más convenientes para su fácil manejo, según lo descrito anteriormente.

Tanque metálico.-el tanque tiene un ancho de 1,10m; un largo de 2,10m y una altura de 1,19m. Además tiene incorporado un visor de 0,485m de ancho y una altura de 0,61m. El tanque tiene soldadas dos entradas de agua, mediante la suelda de 2 neplós de (100x12.5) mm de acero galvanizado, en su parte inferior lleva un neplo soldado de (50x50) mm y en el fondo un desfogue de 12.5 mm y una válvula de paso del mismo diámetro, según el esquema siguiente:

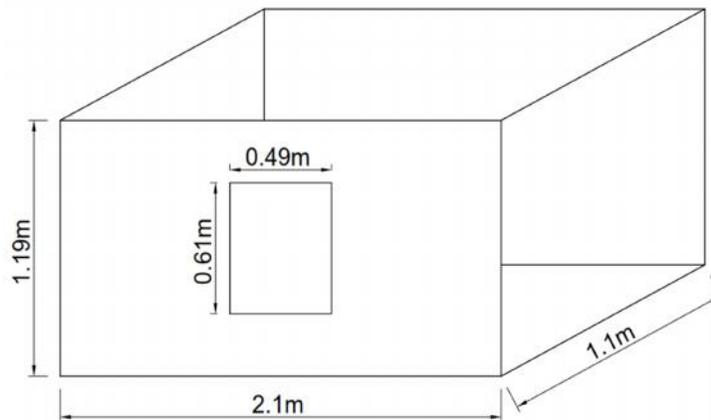


Figura 2. 23. Tanque metálico

Bandeja metálica.-la bandeja tiene un ancho de 0,89m; un largo de 1,90m y una altura de 0,30m. Posee en la parte media un desfogue de 37.5 mm que conecta a una tubería de PVC del mismo diámetro, posee una válvula de globo de 25 mm según el esquema siguiente:

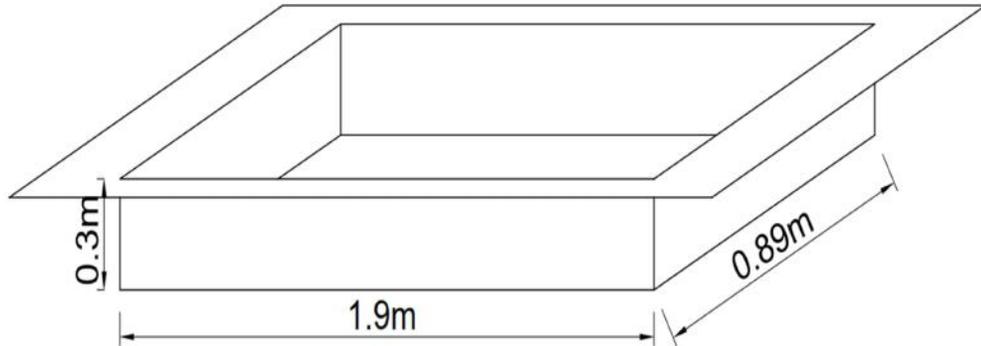


Figura 2. 24. Bandeja metálica

Mesa-soporte de bandeja metálica.-las medidas adoptadas para la mesa soporte se escogieron de acuerdo a las medidas de la bandeja que va dentro de la misma. Teniendo las medidas siguientes. Un ancho de 1,22m; un largo de 2,40m y una altura de 0,61m. Según el grafico siguiente:

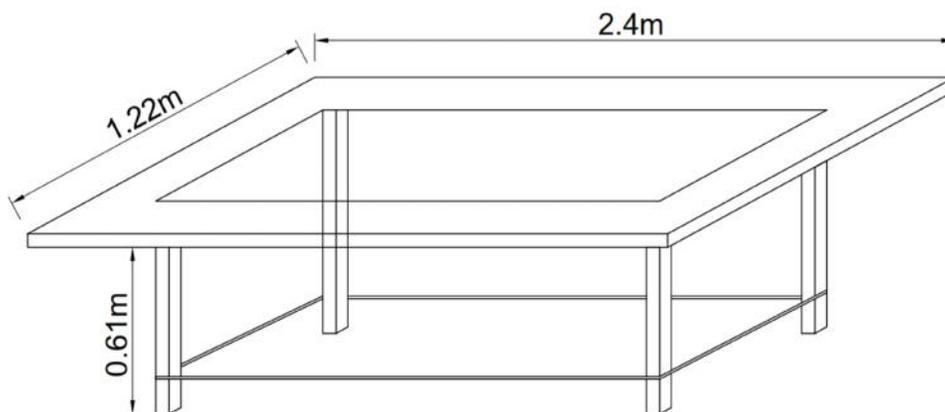


Figura 2. 25. Mesa-soporte de bandeja metálica

Modelo en posición horizontal.

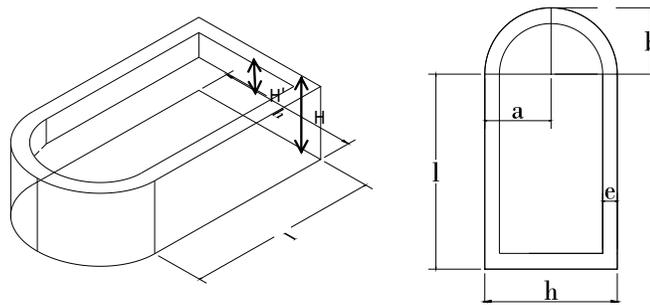


Figura 2. 26. Modelo en posición horizontal.

Tabla 2. 7. Dimensiones de modelos a escala en posición horizontal.

	CEDRO (cm)	LAUREL (cm)	COPAL (cm)
H	11,6	11,5	11,7
H'	3,9	3,9	3,9
l	30,3	29,7	30,2
h	21,8	21,8	22
a	10,9	10,9	11
b	9,7	10,1	9,8
e	2,5	2,4	2,5

Modelo en posición vertical

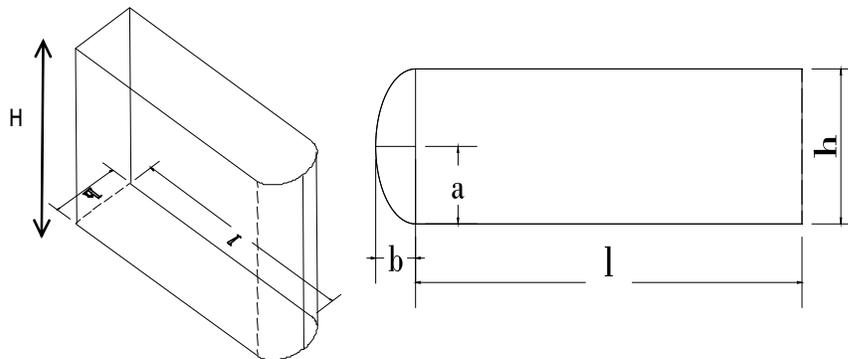


Figura 2. 27. Modelo en posición vertical.

Tabla 2. 8. Dimensiones de modelos a escala en posición vertical.

	CEDRO (cm)	LAUREL (cm)	COPAL (cm)
H	16,8	16,6	16,5
a	3,95	3,8	3,85
b	1,6	2,6	2,7
l	26,2	25,2	25
h	7,9	7,6	7,7

2.2.2.2. Materiales utilizados.

A continuación describiremos algunos de los materiales más utilizados para la elaboración del modelo hidráulico.

Mesa-soporte de bandeja metálica.

- Ángulos de acero de 5mm
- Tabla triplex de 10mm
- Pintura esmalte plateada de ¼

Tanque metálico.

- Ángulos de acero de 5mm.
- Tol de 5mm.
- Visor de Plexiglás
- Empaque de corcho-caucho
- Pernos y tuercas
- Arandelas de caucho
- Silicón

Bandeja metálica.

- Ángulos de 2mm
- Tol de 2mm

Aparato metacéntrico.

- Tablones de cedro, copal y laurel
- Cola blanca
- Pintura esmalte ¼.
- Fondo gris ¼.
- Eje de transmisión de 10, 20, 50mm.

- Prisioneros
- Hilo nylon
- Reglas metálicas
- Tornillos
- Plomadas
- Graduadores
- Silicón

2.2.2.3. Sistema de alimentación.

El sistema de alimentación es simple, llenado se lo realiza con una manguera de 1/2 pulgada que va desde el grifo hasta la bandeja y posteriormente al tanque.

2.2.2.4. Accesorios y aparatos para la operación del equipo.

Dentro de estos accesorios podemos destacar el sistema de desagüe en el tanque y la bandeja. Para el primero consta de una llave de desagüe de 1/2", además de un tubo de 1 1/2" con tapón hembra de las mismas características.

Para el caso de la bandeja tenemos un sistema de desagüe de las siguientes características:

- Unión universal de plástico de 1 1/2".
- Neplo de plástico de 1 1/2".
- Codo de 90° de plástico de 1 1/2".
- Bushing de plástico de 1 1/2" a 1".
- Tubo roscado por los dos lados de 60cm de longitud y 1" de diámetro.
- Llave de paso de plástico de 1".
- Neplo de 1".



Foto 2. 5. Accesorios y aparatos para la operación del equipo.

2.3. Calibración del equipo de flotación.

2.3.1. Comprobación con las formulas teóricas en el equipo en cada uno de los modelos flotantes.

CALCULO DE LAS DENSIDADES.

LAUREL:

POSICION VERTICAL.

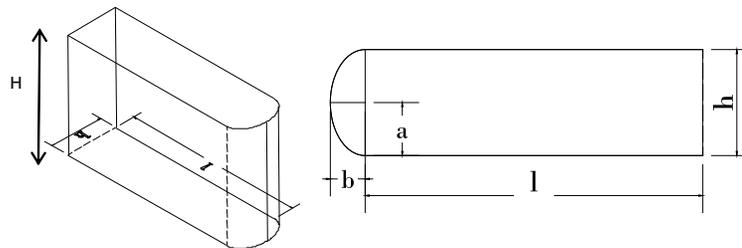


Figura 2. 28. Cálculo de las densidades en posición vertical (laurel).

$$H=16,6\text{cm} \quad G=1967\text{gr}$$

$$a=3,8\text{cm}$$

$$b=2,6\text{cm}$$

$$l=25,2\text{cm}$$

$$h=7,6\text{cm}$$

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_1=13,17\text{cm}^2$$

$$V_1 = A_1 * H$$

$$V_1 = 218,68 \text{ cm}^3$$

$$A_2 = l \cdot h$$

$$A_2 = 191,52 \text{ cm}^2$$

$$V_2 = A_2 \cdot H$$

$$V_2 = 3179,23 \text{ cm}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 3397,91 \text{ cm}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma = 578,89 \text{ kg/m}^3$$

POSICIÓN HORIZONTAL.

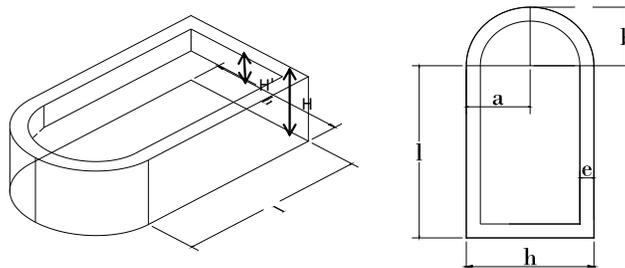


Figura 2. 29. Calculo de las Densidades en posición horizontal (laurel).

$$H = 11,5 \text{ cm} \quad G = 4087 \text{ gr}$$

$$H' = 3,9 \text{ cm}$$

$$l = 29,7 \text{ cm}$$

$$h = 21,8 \text{ cm}$$

$$a = 10,9 \text{ cm}$$

$$b = 10,1 \text{ cm}$$

$$e = 2,4 \text{ cm}$$

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_2 = \frac{2(a-e)(b-e)}{3}$$

$$A_1 = 146,79 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 87,27 \text{ cm}^2$$

$$V_1 = A_1 * H$$

$$V_2 = A_2 * H'$$

$$V_1 = 1688,05 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 340,34 \text{ cm}^3$$

$$A_3 = l * h$$

$$A_4 = (l - e) * (h - 2e)$$

$$A_3 = 647,46 \text{ cm}^2$$

$$A_4 = 464,1 \text{ cm}^2$$

$$V_3 = A_3 * H$$

$$V_4 = A_4 * H'$$

$$V_3 = 7445,79 \text{ cm}^3$$

$$V_4 = 1809,99 \text{ cm}^3$$

$$V_T = (V_1 - V_2) + (V_3 - V_4)$$

$$V_T = 6983,5 \text{ cm}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma = 585,24 \text{ kg/m}^3$$

CEDRO:

POSICION VERTICAL.

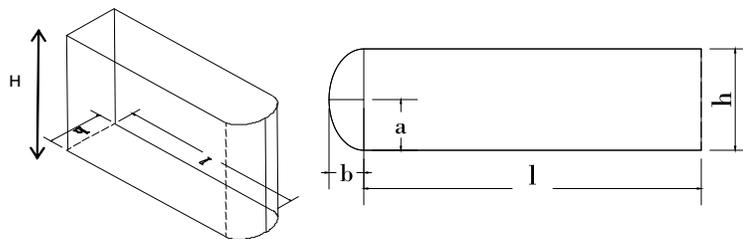


Figura 2. 30. Calculo de las Densidades en posición vertical (cedro).

$$H = 16,8 \text{ cm} \quad G = 2199 \text{ gr}$$

$$a = 3,95 \text{ cm}$$

$$b = 1,6 \text{ cm}$$

$$l = 26,2 \text{ cm}$$

$$h = 7,9 \text{ cm}$$

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_1=8,43\text{cm}^2$$

$$V_1 = A_1 * H$$

$$V_1=141,57\text{cm}^3$$

$$A_2 = l * h$$

$$A_2=206,98\text{cm}^2$$

$$V_2 = A_2 * H$$

$$V_2=3477,26\text{cm}^3$$

$$V_T=V_1+V_2$$

$$V_T=3618,83\text{ cm}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma=607,65\text{kg/m}^3.$$

POSICION HORIZONTAL.

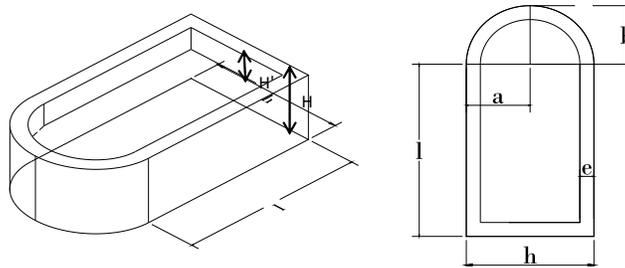


Figura 2. 31. Calculo de las Densidades en posición horizontal (cedro).

$$H=11,6\text{cm} \quad G=4250\text{gr}$$

$$H'=3,9\text{cm}$$

$$l=30,3\text{cm}$$

$$h=21,8\text{cm}$$

$$a=10,9\text{cm}$$

$$b=9,7\text{cm}$$

$$e=2,5\text{cm}$$

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_2 = \frac{2(a-e)(b-e)}{3}$$

$$A_1=140,97\text{cm}^2$$

$$A_2=80,64\text{cm}^2$$

$$V_1 = A_1 * H$$

$$V_2 = A_2 * H'$$

$$V_1=1635,29\text{cm}^3$$

$$V_2=314,496\text{cm}^3$$

$$A_3 = l * h$$

$$A_4 = (l - e) * (h - 2e)$$

$$A_3=660,54\text{cm}^2$$

$$A_4=467,04\text{cm}^2$$

$$V_3 = A_3 * H$$

$$V_4 = A_4 * H'$$

$$V_3=7662,26\text{cm}^3$$

$$V_4=1821,456\text{cm}^3$$

$$V_T = (V_1 - V_2) + (V_3 - V_4)$$

$$V_T=7161,60\text{cm}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma=593,44\text{kg/m}^3$$

COPAL:

POSICIÓN VERTICAL.

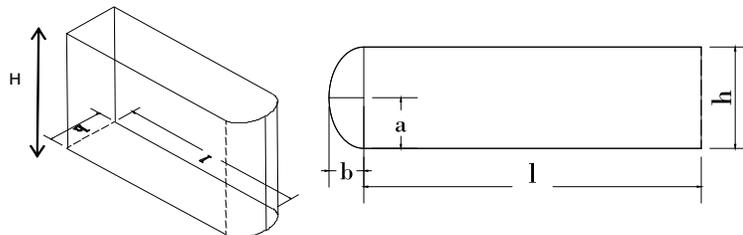


Figura 2. 32. Calculo de las Densidades en posición vertical (copal).

$$H=16,5\text{cm} \quad G=2118\text{gr}$$

$$a=3,85\text{cm}$$

$$b=2,7\text{cm}$$

$$l=25\text{cm}$$

$$h=7,7\text{cm}$$

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_1=13,86\text{cm}^2$$

$$V_1 = A_1 * H$$

$$V_1=228,69\text{cm}^3$$

$$A_2 = l * h$$

$$A_2=192,5\text{cm}^2$$

$$V_2 = A_2 * H$$

$$V_2=3176,25\text{cm}^3$$

$$V_T=V_1+V_2$$

$$V_T=3404,94\text{cm}^3$$

$$\gamma = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma=622,04\text{kg/m}^3$$

POSICION HORIZONTAL.

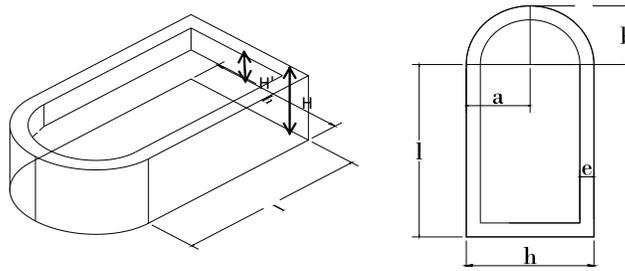


Figura 2. 33. Cálculo de las Densidades en posición horizontal (copal).

H=11,7cm G=4457gr

H'=3, 9cm

l=30, 2cm

h=22cm

a=11cm

b=9,8cm

e=2,5cm

$$A_1 = \frac{2ab}{3}$$

$$A_2 = \frac{2(a - e)(b - e)}{3}$$

A1=143,73cm²

A2=82,73cm².

V₁ = A₁ * H

V₂ = A₂ * H'

V1=1681,68cm³

V2=322,66cm³

A₃ = l * h

A₄ = (l - e) * (h - 2e)

A3=664,40cm²

A4=470,9cm²

V₃ = A₃ * H

V₄ = A₄ * H'

V3=7773, 48cm³

V4=1836, 51cm³

VT= (V1-V2) + (V3-V4).

VT=7295, 99cm³

$$Y = \frac{G}{V_T}$$

$$\gamma = 610,88 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 2. 9. Cuadro de resúmenes de densidades.

CUADRO DE RESUMEN	
LAUREL:	
$\Gamma_{\text{horizontal}}(\text{kg/m}^3)$	$\Gamma_{\text{vertical}}(\text{kg/m}^3)$
585,24	578,89
CEDRO:	
$\Gamma_{\text{horizontal}}(\text{kg/m}^3)$	$\Gamma_{\text{vertical}}(\text{kg/m}^3)$
593,44	607,65
COPAL:	
$\Gamma_{\text{horizontal}}(\text{kg/m}^3)$	$\Gamma_{\text{vertical}}(\text{kg/m}^3)$
610,88	622,04

CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

LAUREL:

POSICION VERTICAL

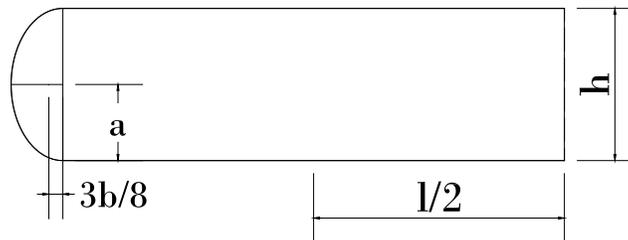


Figura 2. 34. Cálculo de centros de gravedad en posición vertical (laurel).

$$b = 2,6 \text{ cm} \quad A_1 = 13,17 \text{ cm}^2$$

$$3b/8 = 0,975 \text{ cm} \quad A_2 = 191,52 \text{ cm}^2$$

$$l = 25,2 \text{ cm}$$

$$l/2 = 12,6 \text{ cm}$$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_T = 13,47 \text{ cm}$$

POSICION HORIZONTAL.

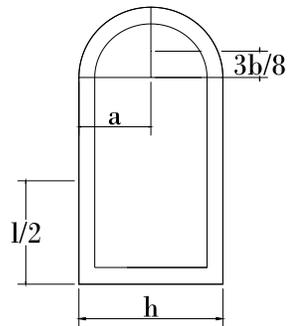


Figura 2. 35. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (laurel).

$$b = 10,1 \text{ cm} \quad A_1 = 146,79 \text{ cm}^2.$$

$$3b/8 = 3,788 \text{ cm} \quad A_2 = 647,46 \text{ cm}^2.$$

$$l = 29,7 \text{ cm}.$$

$$l/2 = 14,85 \text{ cm}$$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_T = 18,29 \text{ cm}$$

CEDRO:
POSICIÓN VERTICAL.

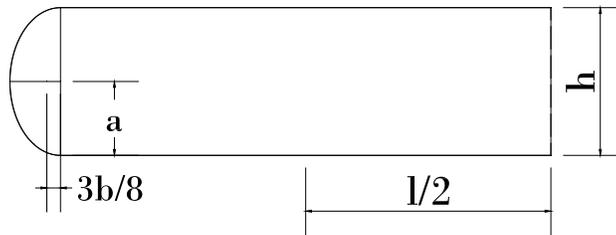


Figura 2. 36. Calculo de centros de gravedad en posición vertical (cedro).

$b=1,6\text{cm}$ $A_1=8,43\text{cm}^2$.

$3b/8=0,6\text{cm}$ $A_2=206,98\text{cm}^2$.

$l=26,2\text{cm}$.

$l/2=13,1\text{cm}$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$Y_T=13,64\text{cm}$.

POSICION HORIZONTAL

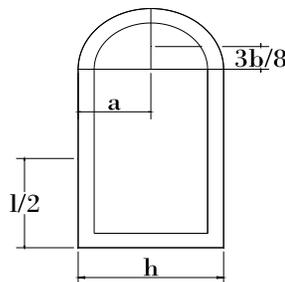


Figura 2. 37. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (cedro).

$$b=9,7\text{cm} \quad A_1=140,97\text{cm}^2$$

$$3b/8=3,638\text{cm} \quad A_2=660,54\text{cm}^2$$

$$l=30,3\text{cm}$$

$$l/2=15,15\text{cm}$$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_T=18,45\text{cm}$$

COPAL:

POSICION VERTICAL

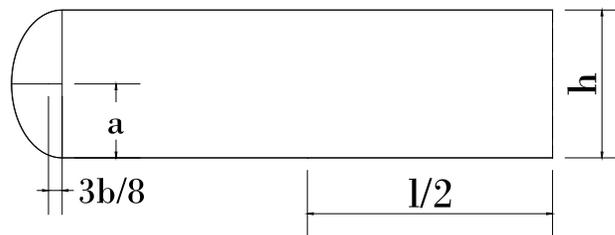


Figura 2. 38. Calculo de centros de gravedad en posición vertical (copal).

$$b=2,7\text{cm} \quad A_1=13,86\text{cm}^2$$

$$3b/8=1,013\text{cm} \quad A_2=192,5\text{cm}^2$$

$$l=25\text{cm}$$

$$l/2=12,5\text{cm}$$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_T= 13,41\text{cm}$$

POSICION HORIZONTAL

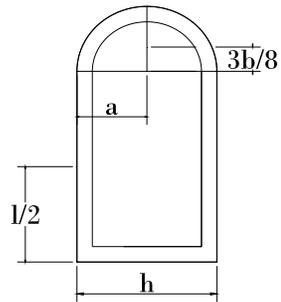


Figura 2. 39. Calculo de centros de gravedad en posición horizontal (copal).

$$b=9,8\text{cm} \quad A_1=143,73\text{cm}^2$$

$$3b/8=3,675\text{cm} \quad A_2=664,40\text{cm}^2$$

$$l=30,2\text{cm}$$

$$l/2=15,1\text{cm}$$

$$Y_T = \frac{A_1 \cdot (l + 3b/8) + A_2 \cdot l/2}{A_1 + A_2}$$

$$Y_T=18,44\text{cm}$$

CAPITULO 3.

3. Práctica de laboratorio con los modelos de madera.

3.1. Introducción teórica.

Equilibrio de los cuerpos total o parcialmente sumergidos.

- Centro de gravedad (G).

Punto donde se concentran las fuerzas descendentes de un cuerpo (Peso).

- Centro de carena (C).

Punto donde se concentra el empuje o fuerzas ascendentes.

Cuerpo parcialmente sumergido.

En un cuerpo parcialmente sumergido las posiciones relativas de G y C nos definen la situación de equilibrio.

Es el metacentro (M) y su situación respecto a G la que define el equilibrio cualquiera que sea la posición de G respecto a C. Metacentro es el punto de corte de la vertical de la nueva fuerza de empuje (originada al variar C) con la línea de empuje inicial.

Si M está por encima de G: Equilibrio estable.

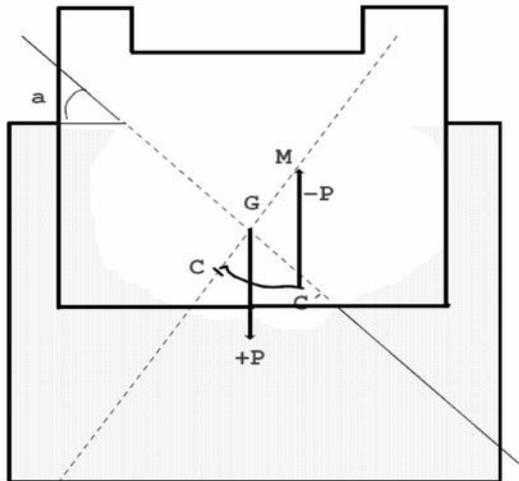


Figura 3. 1. Cuerpo parcialmente sumergido.

Al desplazar el centro de carena C sobre la curva CC' se forman un par de fuerzas (+P, -P) que tienden a devolver el cuerpo a su posición inicial.

El metacentro M queda por encima de G.

Cuerpo totalmente sumergido.

Si G está por debajo de C: Equilibrio estable.

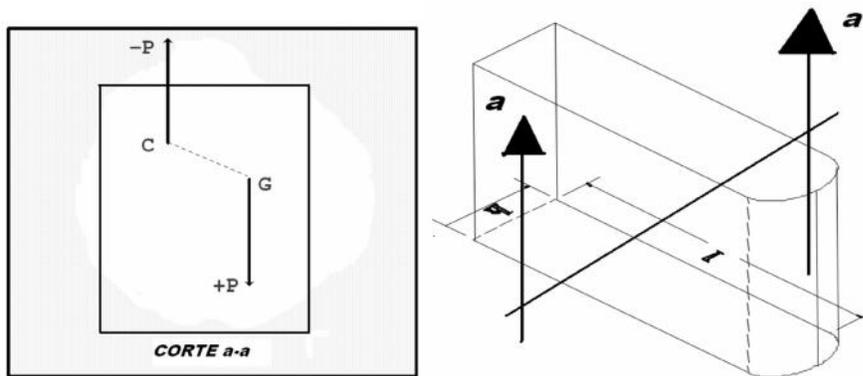


Figura 3. 2. Cuerpo totalmente sumergido.

Al desviar el cuerpo de su posición inicial se forman un par de fuerzas (+P, -P) que tiende a regresar al cuerpo a la posición primitiva. El equilibrio estable en un cuerpo totalmente sumergido requiere que el peso sea igual al empuje, que G y C estén en la misma vertical y que C esté por encima de G.

3.1.1. Determinación de las masas y pesos de las muestras de madera.

Tabla 3. 1. Determinación de las masas y pesos de las muestras de madera.

	G (gr)	H (cm)	A (cm ²)
LAUREL	1967	16,6	204,69
CEDRO	2199	16,8	215,41
COPAL	2118	16,5	206,36

N. A.=92cm

d=1gr/cm³

Tabla 3. 2. Cuadro de masas calibradas.

MASAS CALIBRADAS			
A=	W1=	69,5	gr
B=	W2=	69,5	gr
C=	W3=	462,5	gr
D=	W4=	438	gr
E=	W5=	219	gr
F=	W6=	217	gr
I=	W7=	220	gr
J=	W8=	73,5	gr
K=	W9=	77	gr
M=	PORTA MASAS=	62	gr

Tabla 3. 3. Cuadro de masas ensayadas.

1° LECTURA		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+C+D	14,60	14,00	14,50	962,50
2	M+C+D+E	15,40	14,80	15,40	1181,50
3	M+C+D+E+F	16,00	15,70	16,40	1398,50
4	M+C+D+E+F+I	16,80	16,50	SUM	1618,50
5	M+C+D+E+F+I+K	17,30	16,80		1695,50
6	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM		1769,00

Tabla 3. 4. Empuje del agua y masa del cuerpo.

-P (gr)			+P (gr)		
CEDRO	LAUREL	COPAL	CEDRO	LAUREL	COPAL
16672,48	15966,08	15992,90	3161,50	2929,50	3080,50
16500,15	15802,33	15807,18	3380,50	3148,50	3299,50
16370,91	15618,10	15600,82	3597,50	3365,50	3516,50
16198,58	15454,35	SUM	3817,50	3585,50	SUM
16090,88	15392,94		3894,50	3662,50	
SUM	SUM		SUM	SUM	

Donde:

N. A.= nivel del agua.

d= densidad del agua.

G= masa del cuerpo de prueba.

H= altura del cuerpo de prueba.

A= área bajo el cuerpo de prueba.

-P= fuerza resultante hacia arriba (empuje del agua).

+P= fuerza resultante hacia abajo (masa del cuerpo de prueba + masas calibradas).

3.1.2. Determinación de la altura metacéntrica en cuerpos flotantes de madera.

Sabemos del curso de hidráulica que la medida de estabilidad de los cuerpos flotantes es la llamada altura, metacéntrica. Su magnitud y dirección señala el peor comportamiento del cuerpo flotante en condiciones de oleaje, sabemos también que la altura metacéntrica podemos determinarla por el método analítico. Por el momento determinaremos su magnitud por el camino experimental.

Preparemos un flotador de forma relativamente simple y que consiste de un bloque de material más ligero que el agua, un sistema de pesas y de un instrumento que permita la medición de ángulos para los casos cuando el flotador se incline respecto de su posición normal.

El instrumento más simple para la medición de la inclinación es la de un peso amarrado al final de una piola (una plomada) y cuyo otro final va amarrado en la cima de un mástil sujeto en el centro del flotador.

En la base de este mástil se sujeta una regla con escala semejante al de un graduador.



Foto 3. 1. Determinación de la altura metacéntrica en cuerpos flotantes de madera.

Es importante una calibración exacta de la regla en el flotador si en un costado del flotador colocamos cierto peso vemos que el flotador se inclina cierto ángulo respecto de la posición inicial. El desplazamiento del peso al otro costado se observa que inclina al flotador hacia el mismo lado.

Analicemos las fuerzas que se presentan en esta inclinación. Aquí nos topamos con dos fuerzas que provocan dos momentos, una de estas fuerzas es el peso Q de la pesa que actúa en el brazo, igual a la distancia del centro o de los centros de gravedad en ambas posiciones.

En la foto 3.2 este brazo lo señalamos con el símbolo (b) y el peso por Q , como resultado del desplazamiento de la carga en el flotador este se inclina un ángulo $\Delta\Phi$ en el un lado y luego en $\Delta\Phi$ en el segundo lado.

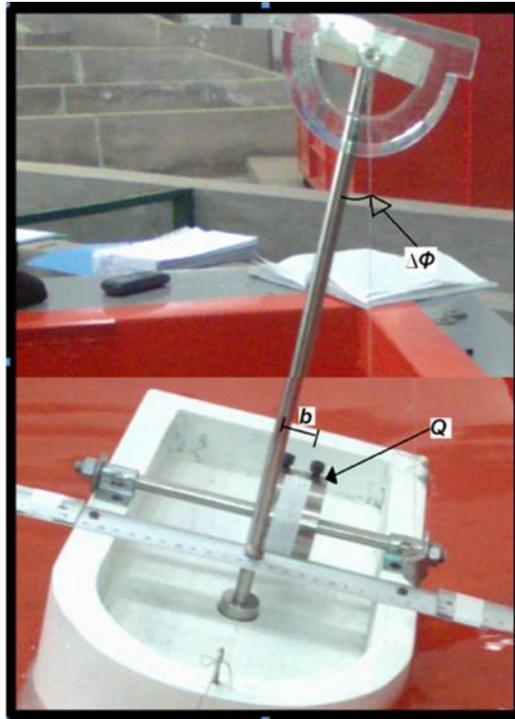


Foto 3. 2.Esquema de las fuerzas que actúan en un cuerpo inclinado respecto de la posición de equilibrio.

La segunda de estas fuerzas es la magnitud del empuje W . El brazo de acción es la distancia X , como vemos en la foto 3.2. Para pequeñas magnitudes la distancia X es igual con la suficiente precisión al producto de la altura metacéntrica y el ángulo $2\Delta\Phi$.

Finalmente obtenemos la igualdad de momentos $Q*b = W*X = W*m*(2\Delta\Phi)$

De la fórmula precedente podemos calcular la incógnita altura metacéntrica (m).

$$m = (Q*b) / (W*2\Delta\Phi)$$

En base, a la fórmula anterior podemos determinar experimentalmente la altura metacéntrica. Con este fin calculamos el comienzo la magnitud del empuje W (igual como sabemos al peso del flotador en equilibrio).

Luego conocemos el peso Q colocando en orden en los costados del flotador, midiendo igualmente la magnitud “ b ” así como la suma de los dos ángulos observados en la inclinación es decir $2\Delta\Phi$.

Remplazando en la fórmula las magnitudes medidas Q y W en iguales unidades, y el ángulo $2\Delta\Phi$ en radianes, entonces podemos calcular la magnitud "m" en unidades lineales en las que remplazamos el valor del brazo "b".

Con la finalidad de comprobar podemos repetir la experiencia para otro brazo "b" y otro peso. El cambio de estos valores provoca naturalmente la variación de la magnitud en la inclinación del flotador $2\Delta\Phi$. La altura metacéntrica "m" debería sin embargo permanecer constante.

La condición para el mantenimiento de los resultados con una apropiada precisión es el empleo de un suficiente gran peso Q y del brazo "b" Entonces así tendríamos una inclinación suficientemente clara que se la pueda medir exactamente la inclinación no deberá ser demasiado grande ya que con ángulos mayores la igualdad $X = m \cdot (2\Delta\Phi)$ deja de ser comprobada.

Experimentalmente se ha comprobado que los mejores resultados se obtienen con inclinaciones del flotador que oscilan entre los límites de tres grados a siete grados.

El valor "m" obtenido de la experiencia podemos comparar con esta misma altura metacéntrica calculado con la fórmula conocida $m = (I/V) \cdot a$

De la comparación de los valores "m" podemos constatar la exactitud del método experimental.

3.1.2.1. Pruebas con tres tipos de madera de densidades baja, media y alta.

Las pruebas se realizarán utilizando tres tipos de maderas de diferente densidad y de fácil obtención en el mercado.

Se tomara también en cuenta que la madera este totalmente seca pues que quiere obtener la densidad seca, ya que esto puede incidir de algún modo en los resultados que de esta práctica obtengamos, a continuación describiremos los tres tipos de maderas con los que se realizarán los modelos para las prácticas:

- Cedro
- Laurel
- Copal

3.1.3. Ensayos.

Los ensayos para la presente práctica se encuentran detallados en los numerales: 3.1.4., 3.1.5., 3.1.6., 3.2., 3.3., 3.4., y en el instructivo operacional incluido como anexos.

3.1.4. Preparación de la muestra modelo.

La preparación de los modelos para los ensayos se lo hizo de la siguiente manera:

Posición Horizontal.

- Al modelo de madera se le dio la forma y dimensiones descritas en la sección 2.2.2.1.
- Se procedió a pintar el modelo de tal forma que se previniera la filtración del agua.
- A continuación se proveyó de reglas a los costados del mismo.
- Se colocó el mástil metálico provisto de un graduador en el extremo superior del mismo y un hilo con la plomada.
- Se ubicó el eje con las pesas en el centro de gravedad del modelo.
- Se puso también una regla paralela al eje con las pesas para tomar las lecturas deseadas.
- De esta forma se lo realizó para los tres tipos de madera que tenemos y del mismo modo para el caso de oleaje.

Posición Vertical.

- Al igual que en el caso de posición horizontal se dio la forma y dimensiones descritas en la sección 2.2.2.1.
- Se procedió a pintar el modelo para prevenir la filtración del agua.
- Se colocó las reglas al costado del mismo.
- Además se colocó un gancho de acero cuya finalidad es llevar el porta masas en la parte inferior y en el centro de gravedad del modelo.
- Se colocó el porta masas antes mencionado y en el mismo se colocaran las masas según lo requerido en la práctica.
- De esta forma se lo realizó para los tres tipos de madera que tenemos y del mismo modo para el caso de oleaje.

3.1.5. Colocación de la muestra modelo en el tanque de pruebas.

Posición Horizontal.

La colocación del modelo en se la realiza tomando en cuenta las condiciones en las que se va a realizar el ensayo, es decir, si el ensayo se lo realiza en estado de equilibrio estático o con oleaje.

Para el estado de equilibrio estático solo se debe tomar en cuenta que el equipo debe estar encerado, es decir, las pesas móviles deben estar al centro y la plomada debe estar indicando el cero en la regla paralela al eje de las pesas además la cuerda de la polea no debe formar un ángulo con el mástil del modelo. Se sobrentiende que lo mismo rige a los tres tipos de madera.

Mientras que para el caso en el que tenemos oleaje a parte de lo mencionado anteriormente también se debe tomar en cuenta que el modelo debe estar asegurado con una cuerda para evitar que sea arrastrado por la corriente y sea imposible tomar las lecturas deseadas.

Posición Vertical.

Antes de realizar el ensayo se verificar que el modelo este completamente perpendicular al espejo de aguas, esto se logra poniendo peso en el porta masas tomando en cuenta que el peso en el gancho sea solo el necesario para que el modelo este perpendicular al espejo de aguas.

Mientras que para el caso en el que tenemos oleaje a parte de lo mencionado anteriormente también se debe tomar en cuenta que el modelo debe estar asegurado con una cuerda para evitar que sea arrastrado por la corriente y sea imposible tomar las lecturas deseadas.

3.1.6. Procedimiento del ensayo.

POSICION HORIZONTAL.

DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO.



Foto 3. 3. Procedimiento del ensayo en posición horizontal.

CEDRO:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
4. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
6. Se repetirá además los numerales 3 y 4 para una distancia de 5,7cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.5.

COPAL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).
2. Colocar el modelo en el agua.

3. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
4. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
6. Se repetirá además los numerales 3 y 4 para una distancia de 6,00cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.10.

LAUREL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
4. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
6. Se repetirá además los numerales 3 y 4 para una distancia de 6,00cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.15.

DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS (OLEAJE).

CEDRO:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Asegurarlo para que la corriente producida no lo arrastre y no se pueda tomar los datos deseados.

4. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado de la bandeja.
5. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
6. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
7. Repetir los numerales 5 y 6 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
8. Se repetirá además los numerales 5 y 6 para una distancia de 5,6cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
9. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.20.

COPAL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Asegurarlo para que la corriente producida no lo arrastre y no se pueda tomar los datos deseados.
4. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado de la bandeja.
5. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
6. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
7. Repetir los numerales 5 y 6 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
8. Se repetirá además los numerales 5 y 6 para una distancia de 6,00cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
9. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.25.

LAUREL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.3).

2. Colocar el modelo en el agua.
3. Asegurarlo para que la corriente producida no lo arrastre y no se pueda tomar los datos deseados.
4. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado de la bandeja.
5. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
6. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
7. Repetir los numerales 5 y 6 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
8. Se repetirá además los numerales 5 y 6 para una distancia de 5,40cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
9. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.30.

POSICION VERTICAL.

DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO.



Foto 3. 4. Procedimiento del ensayo en posición vertical

CEDRO:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.35.
4. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
6. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.35.

COPAL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.35.
4. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
6. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.35.

LAUREL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.35.
4. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
6. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.35.

DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS (OLEAJE).**CEDRO:**

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).

2. Colocar el modelo en el agua.
3. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado del tanque.
4. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.38.
5. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
6. Repetir los numerales 4 y 5 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.38.

COPAL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado del tanque.
4. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.38.
5. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
6. Repetir los numerales 4 y 5 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.38.

LAUREL:

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema (ver foto. 3.4).
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado del tanque.
4. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 3.38.
5. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
6. Repetir los numerales 4 y 5 hasta provocar el sumergimiento del modelo.

7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.38.

3.2. Cálculos y gráficos.

Los cálculos y gráficos se los indica a continuación tomando en cuenta las siguiente formulas que se utilizaron en la elaboración de los mismos.

$$\text{calculado } (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

$$\text{vol - cal } (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

Θ volcadura ($^{\circ}$)=ángulo formado por el mástil y la cuerdo de la plomada, calculado con las lecturas tomadas.

D=lectura en cm tomada de la regla paralela al eje de las pesas móviles.

Longitud del mástil en cm

Θ vol - cal ($^{\circ}$)=ángulo calculado que provoca la volcadura del modelo.

$$m = \frac{Q \times b}{W \times \sin \phi}$$

m= altura metacéntrica.

Q= pesa que corre perpendicularmente al mástil.

b= desplazamiento de la pesa.

W= magnitud del empuje.

$\Delta\phi$ = ángulo de inclinación en radianes .

Tabla 3. 7. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO (CEDRO)

3° Lectura	

$\Delta\Phi_{volcadura}(\text{°})=$	26,00
D(cm)=	21,90
b(cm)=	5,70
$\Delta\Phi_{vol-cal}(\text{°})=$	28,70
mcal (cm)=	0,28
m (cm)=	0,30

Tabla 3. 9. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (CEDRO)

5º Lectura	

$\Delta\Phi_{volcadura}(\circ)$	=	26,00
D(cm)	=	21,80
b(cm)	=	5,70
$\Delta\Phi_{vol-cal}(\circ)$	=	28,59
mcal (cm)	=	0,28
m (cm)	=	0,30

Tabla 3. 14. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (COPAL)

5° Lectura	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
b (cm)	0,00	2,40	5,90	8,50	10,50	12,40	14,00	15,60	16,80	17,80
D (cm)	7,40	8,00	8,90	9,70	10,40	10,80	11,20	11,40	11,70	11,70
h (cm)	0,00	3,43	8,39	12,00	14,71	17,22	19,29	21,31	22,78	23,99
$\Delta\Phi$ calculado(°)	0,00	3,00	7,50	10,50	14,00	16,00	17,00	20,00	21,00	22,00
$\Delta\Phi$ (°)		0,21	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,23	0,25	0,26
mcal (cm)		0,23	0,19	0,20	0,20	0,22	0,25	0,25	0,27	0,29

$\Delta\Phi$ volcadura(°) =	28,00
D (cm) =	21,80
b (cm) =	6,10
$\Delta\Phi$ vol-cal(°) =	28,59
mcal (cm) =	0,30
m (cm) =	0,31

Tabla 3. 19. DATOS CON EQUILIBRIO ESTÁTICO (LAUREL)

5° Lectura	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
b (cm)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
D(cm)	0,00	2,70	5,70	8,00	9,70	11,70	13,20	14,80	15,90	17,30
h(cm)	7,00	7,80	8,60	9,30	9,70	10,30	10,70	11,10	11,40	11,50
$\Delta\Phi$ calculado($^{\circ}$)	0,00	3,79	7,95	11,09	13,37	16,00	17,93	19,94	21,29	22,98
$\Delta\Phi$ ($^{\circ}$)	0,00	3,00	6,50	10,00	12,00	15,00	16,50	18,50	20,00	21,50
mcal (cm)		0,19	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28
m (cm)		0,23	0,22	0,21	0,23	0,23	0,26	0,27	0,28	0,29

$\Delta\Phi$ volcadura($^{\circ}$)=	27,00
D(cm)=	21,80
b(cm)=	6,00
$\Delta\Phi$ vol-cal($^{\circ}$)=	28,59
mcal (cm)=	0,30
m (cm)=	0,31

Tabla 3. 21. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (CEDRO)

2º Lectura	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
b (cm)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
D(cm)	0,00	2,40	5,50	7,60	10,50	12,30	13,40	15,00	16,50	18,00
h(cm)	7,30	7,80	8,90	9,40	10,40	10,70	11,00	11,30	11,40	11,60
$\Delta\Phi$ calculado(°)	0,00	3,43	7,83	10,76	14,71	17,09	18,52	20,56	22,42	24,23
$\Delta\Phi$ (°)	0,00	2,50	7,00	10,00	12,50	15,00	16,00	18,50	20,00	21,50
mcal (cm)		0,21	0,18	0,20	0,19	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26
m (cm)		0,28	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30

$\Delta\Phi$ volcadura(°)=	26,00
D(cm)=	21,80
b(cm)=	5,60
$\Delta\Phi$ vol-cal(°)=	28,59
mcal (cm)=	0,28
m (cm)=	0,30

Tabla 3. 27. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS EN POSICION HORIZONTAL (COPAL)

3° Lectura	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
b (cm)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
D(cm)	0,00	3,20	6,20	8,40	11,00	12,30	14,80	15,80	16,70	17,80
h(cm)	7,40	8,30	9,00	9,70	10,20	10,60	11,30	11,40	11,70	---
$\Delta\Phi$ calculado(°)	0,00	4,57	8,81	11,86	15,38	17,09	20,30	21,55	22,66	23,99
$\Delta\Phi$ (°)	0,00	3,00	8,00	11,00	13,50	16,50	18,00	20,00	22,00	23,00
mcal (cm)		0,15	0,16	0,18	0,18	0,21	0,21	0,23	0,25	0,27
m (cm)		0,24	0,18	0,19	0,21	0,21	0,24	0,25	0,26	0,28

$\Delta\Phi$ volcadura(°)=	26,00
D(cm)=	20,60
b(cm)=	6,00
$\Delta\Phi$ vol-cal(°)=	27,25
mcal (cm)=	0,31
m (cm)=	0,33

POSICION VERTICAL.

DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO .

MASAS CALIBRADAS.

A=W1=69,5gr

B=W2=69,5gr

C=W3=462,5gr

D=W4=438gr

E=W5=219gr

F=W6=217gr

I=W7=220gr

J=W8=73,5gr

K=W9=77gr

M=PORTA MASAS= 62gr .

Tabla 3. 35. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (1º LECTURA).

1º Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+C+D	14.60	14.00	14.50	962.50
2	M+C+D+E	15.40	14.80	15.40	1181.50
3	M+C+D+E+F	16.00	15.70	16.40	1398.50
4	M+C+D+E+F+I	16.80	16.50	SUM	1618.50
5	M+C+D+E+F+I+K	17.30	16.80		1695.50
6	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM		1769.00

Grafico 3. 1. MASA = f (HUNDIMIENTO) -1º LECTURA.

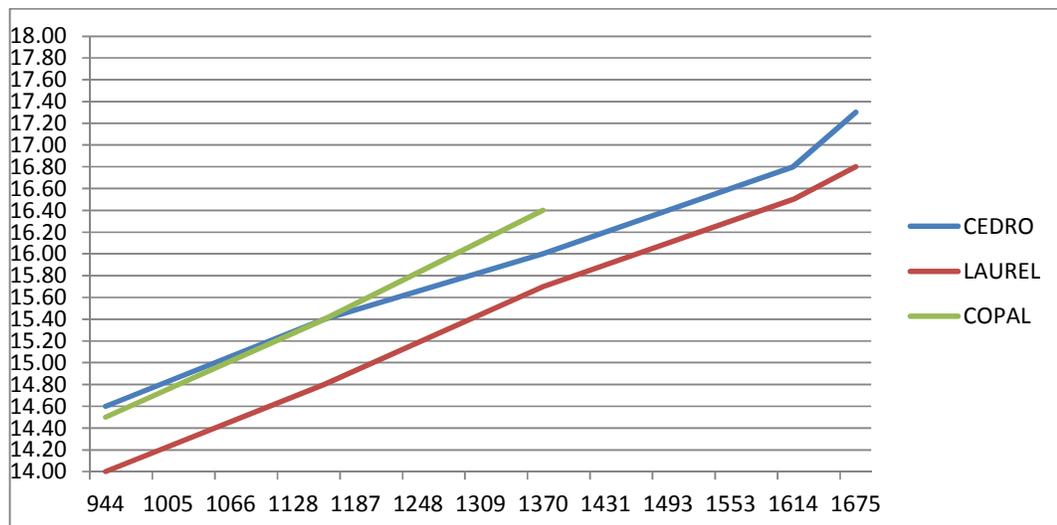


Tabla 3. 36. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (2º LECTURA).

2º Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+D+E+J+K	14.60	13.70	14.30	869.50
2	M+D+E+J+K+F	14.90	14.50	15.00	1086.50
3	M+D+E+J+K+F+I	15.60	15.30	15.80	1306.50
4	M+D+E+J+K+F+I+C	SUM	SUM	SUM	1769.00

Grafico 3. 2. MASA = f (HUNDIMIENTO) - 2º LECTURA.

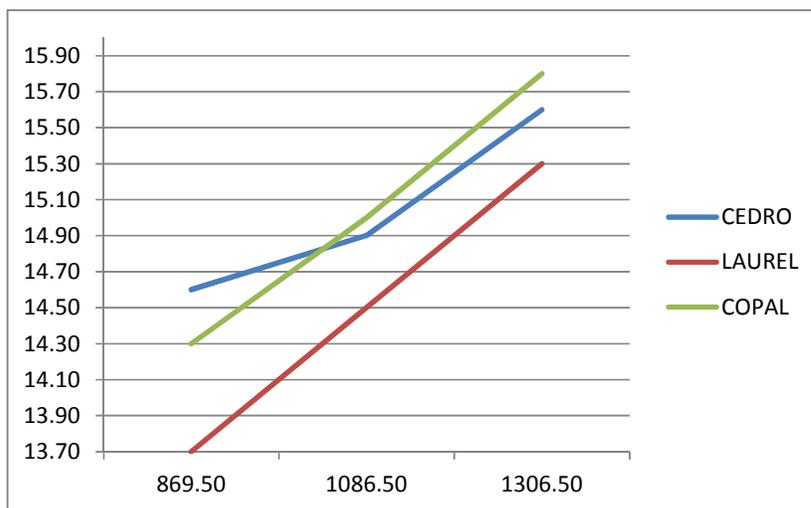
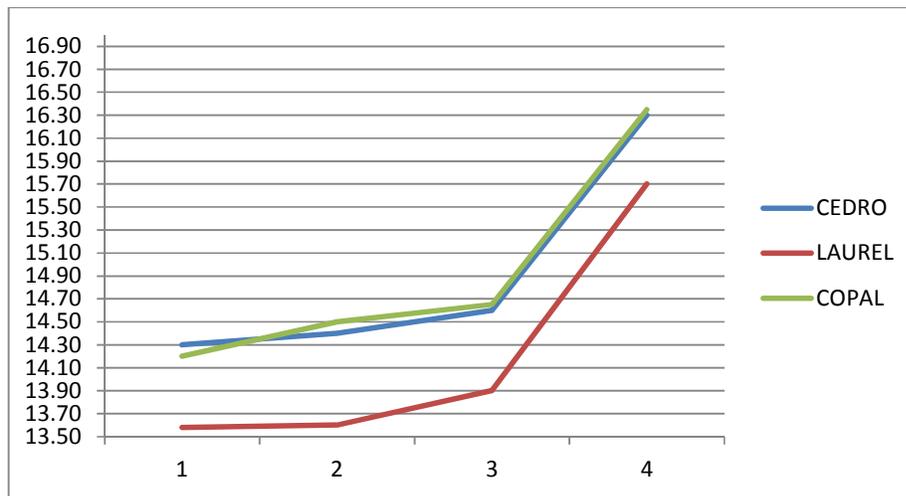


Tabla 3. 37. DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO POSICION VERTICAL (3º LECTURA).

3º Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+E+F+I+J+K	14.30	13.58	14.20	868.5
2	M+E+F+I+J+K+A	14.40	13.60	14.50	938
3	M+E+F+I+J+K+A+B	14.60	13.90	14.65	1007.5
4	M+E+F+I+J+K+A+B+D	16.30	15.70	16.35	1445.5
5	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM	SUM	1692

Grafico 3. 3. MASA = f (HUNDIMIENTO) -3º LECTURA.



DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS (OLEAJE).

MASAS CALIBRADAS.

A=W1=69,5gr

B=W2=69,5gr

C=W3=462, 5gr

D=W4=438gr

E=W5=219gr

F=W6=217gr

I=W7=220gr

J=W8=73,5gr

K=W9=77gr

M=PORTA MASAS= 62gr

Tabla 3. 38. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (1º LECTURA).

1º Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+C+D	14.50	14.30	14.70	962.50
2	M+C+D+E	15.10	15.00	15.50	1181.50
3	M+C+D+E+F	16.40	15.50	16.50	1398.50
4	M+C+D+E+F+I	17.10	16.50	SUM	1618.50
5	M+C+D+E+F+I+K	17.60	17.50		1695.50
6	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM		1769.00

Grafico 3. 4. MASA = f (HUNDIMIENTO) -1° LECTURA.

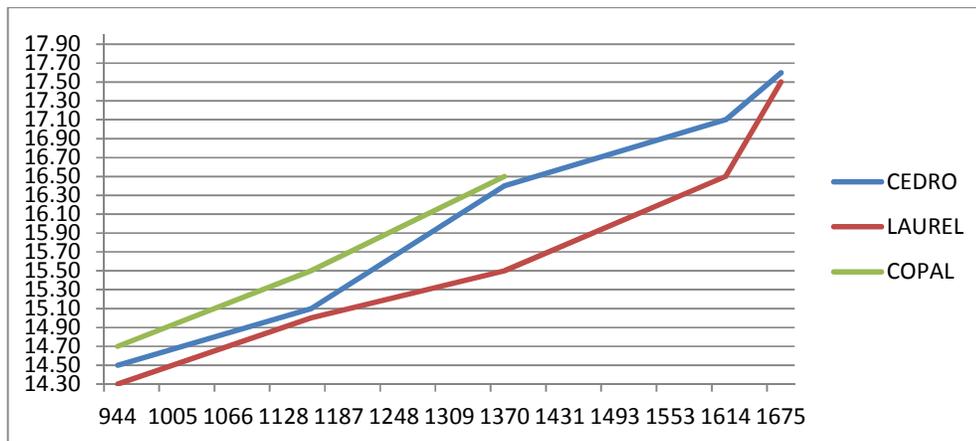


Tabla 3. 39. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (2° LECTURA).

2° Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+D+E+J+K	13.50	14.40	14.50	869.50
2	M+D+E+J+K+F	14.50	15.00	15.40	1086.50
3	M+D+E+J+K+F+I	15.40	16.10	16.50	1306.50
4	M+D+E+J+K+F+H+C	SUM	SUM	SUM	1769.00

Grafico 3. 5. MASA = f (HUNDIMIENTO) -2° LECTURA.

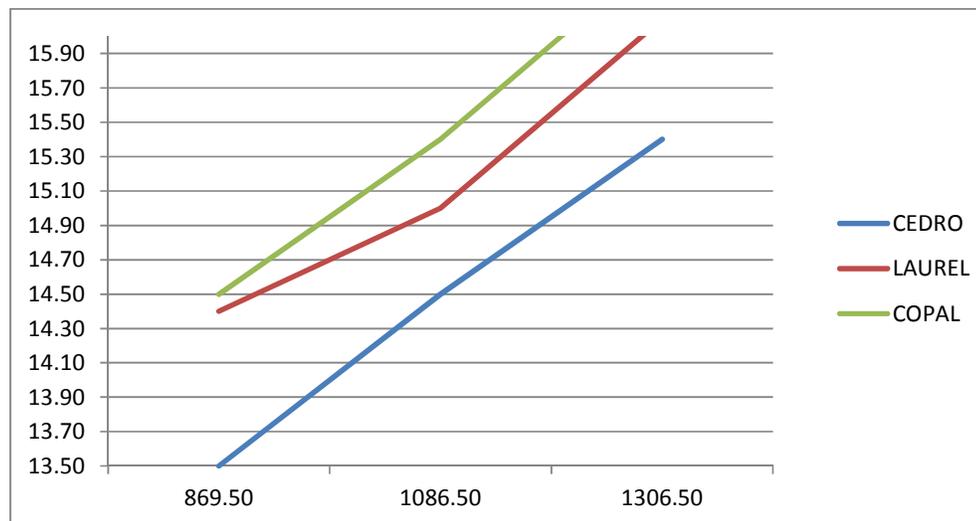
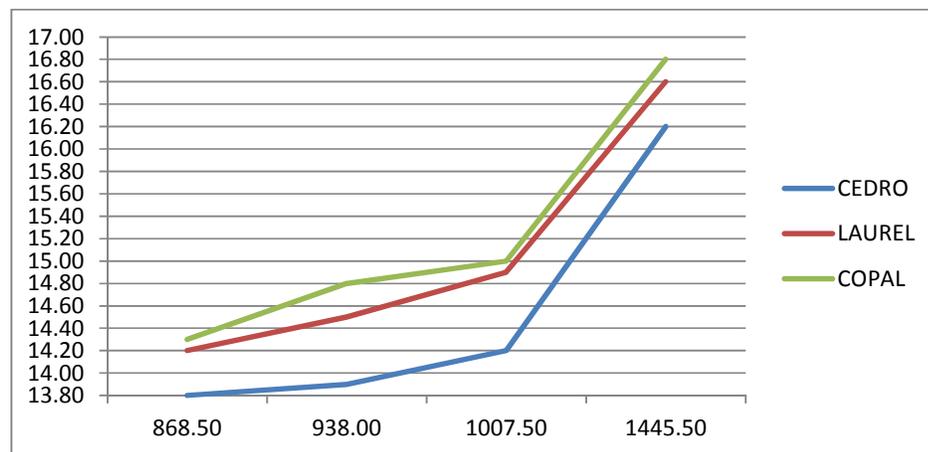


Tabla 3. 40. DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS POSICION VERTICAL (3° LECTURA).

3° Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+E+F+I+J+K	13.80	14.20	14.30	868.50
2	M+E+F+I+J+K+A	13.90	14.50	14.80	938.00
3	M+E+F+I+J+K+A+B	14.20	14.90	15.00	1007.50
4	M+E+F+I+J+K+A+B+D	16.20	16.60	16.80	1445.50
5	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM	SUM	1692.00

Grafico 3. 6. MASA = f (HUNDIMIENTO) -3° LECTURA.



3.3. Conclusiones.

POSICIÓN HORIZONTAL

- La densidad de las maderas utilizadas para el ensayo es parecida por lo que no nos permite observar con facilidad las diferencias que conlleva trabajar con una madera de densidad baja, media y alta.
- El ángulo de volcadura es menor cuando los modelos se ensayan en condiciones críticas (oleaje).
- El ángulo de volcadura es directamente proporcional a la densidad del modelo, es decir cuanto mayor sea la densidad el ángulo de volcadura también será mayor.
- Con el modelo a escala solo podemos indicar las limitaciones técnicas que tiene un modelo a escala real que tenga las mismas características.

- Con el ensayo se pudo comprobar el Principio De Arquímedes en el volumen sumergido del cuerpo es igual al volumen del liquido desalojado.
- El centro de inclinación del modelo coincide con el centro de gravedad del mismo.
- El hundimiento es directamente proporcional a la densidad del modelo.
- El ángulo de inclinación con referencia al centroide del modelo es función directa del desplazamiento horizontal de las pesas.
- La volcadura del modelo se presento cuando el agua ingresa a la cubierta, es decir, cuando el peso del agua que ingreso es adicionada al peso propio del barco.
- Con el modelo hidráulico en posición horizontal se puede observar claramente los fenómenos que ocurren, cumpliendo el objetivo de ser una ayuda de aprendizaje en el área hidráulica.
- Se comprueba que las distintas fórmulas para calcular el ángulo metacéntrico son las mismas para los tres tipos de materiales analizados en la práctica.
- Un modelo físico no resuelve todos los problemas que se presentan en el diseño de una embarcación, por las similitudes adoptadas ya que no todas pueden ser escogidas, surgiendo las limitaciones que todo modelo tiene.
- Aprender como analizar por medio del principio de flotación de Arquímedes las diferentes formas de calcular pesos, volúmenes y fuerzas de empuje de un cuerpo flotante.
- La inercia del cuerpo flotante es proporcional a la altura metacéntrica.

POSICIÓN VERTICAL.

- El ensayo para medir el ángulo metacéntrico no se pudo realizar porque el equipo metacéntrico combinado con el resto del modelo supero el empuje del agua.
- El peso adicional localizado en la parte inferior y en el centro de gravedad del modelo debe ser suficiente para estabilizar el mismo sin influir en el hundimiento.
- El hundimiento es directamente proporcional a la densidad del modelo y a la carga estabilizadora.
- El peso adicional suficiente para lograr la sumersión del modelo varía dependiendo de la densidad del mismo.
- El peso que sumerge al modelo en los tres tipos de material es menor en condiciones críticas (oleaje).
- Las combinaciones de masas adicionales no alteran el peso que sumerge al modelo.
- Nuevamente se pudo comprobar el Principio de Arquímedes.
- Con el modelo hidráulico en posición vertical se puede observar claramente los fenómenos que ocurren, cumpliendo el objetivo de ser una ayuda de aprendizaje en el área hidráulica.
- Se comprueba que las distintas fórmulas para calcular el ángulo metacéntrico son las mismas para los tres tipos de materiales analizados en la práctica.

3.4. Recomendaciones.

- Para el caso de modelos en posición vertical, el equipo metacéntrico debe tener un peso que al combinarse con el peso del resto del modelo no supere el empuje del agua.
- Los materiales utilizados deben presentar una diferencia notoria en su densidad para obtener mayores diferencias en los resultados y establecer conclusiones mas acertadas.
- Se debe obtener equipo con una presión mayor para poder obtener resultados más satisfactorios.

- En el caso de los modelos verticales el equipo metacéntrico debe ser de un material cuyo peso adicionado al resto del modelo no produzca el hundimiento del mismo.
- La altura de nivel de agua en el tanque y la bandeja debe ser el mismo respectivamente para todos los ensayos realizados para que de esta manera los resultados obtenidos no se alteren de ningún modo.
- El equipo para simular oleaje debe permitir obtener olas que se ajusten a la escala del modelo.
- La estructura del tanque debe garantizar la impermeabilidad total.
- El equipo debe ser encerado dentro de la bandeja de prueba para las pruebas en posición horizontal.
- Las lecturas en condiciones de equilibrio inestable deben ser tomadas cuando la plomada se encuentre suspendida sin movimiento.

CAPITULO 4.

4.1. Realización de ensayos para determinar la resistencia a la presión hidrostática sostenida en tuberías plásticas en un medio líquido.

4.1.1. Antecedentes.

Prueba de presión sostenida.

Este método consiste en exponer especímenes de prueba de tubería PVC a una constante presión interna, en un ambiente controlado. La prueba también sirve para determinar la falla de la tubería, cuando se mantiene bajo constante presión hidráulica.

El equipo necesario para realizar el ensayo consiste de un dispositivo capaz de aplicar un incremento de presión al espécimen de prueba y mantener esta presión durante cierto tiempo; por lo general se utiliza una bomba la cual debe estar conectada a un tanque o depósito de agua que mantenga el agua a una temperatura ambiente ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$), debe incluirse al equipo un manómetro de precisión. Se inicia la prueba obteniendo el espécimen, cortándolo de la tubería. Para tubería de 6 pulgadas o menos, la longitud del espécimen debe ser equivalente a 5 veces el diámetro nominal del tubo, pero en todo caso no debe ser menor a 12 pulgadas (30cm). Para diámetros grandes, la longitud debe ser de 3 veces el diámetro exterior, pero no menor a 30 pulgadas (75cm).

Luego se deja enfriar a temperatura ambiente en el laboratorio ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y se procede a retirar la viruta de los extremos. Uno de estos extremos es cerrado totalmente utilizando un tapón. Al extremo sobrante se conectara el dispositivo de presión. Cuando se logra aislar herméticamente al espécimen se conecta la bomba de agua y se procede a incrementar la presión, hasta que se presente la falla.

Se consideran fallas:

- Cualquier pérdida de presión con o sin la transmisión de agua a través del cuerpo del espécimen estando bajo prueba.
- Aumento o expansión del espécimen de tubería, cuando este sometido a presión interna.

- Ruptura o grieta en la pared de la tubería con la inmediata pérdida del agua. Fugas en los extremos de la muestra, no se consideran fallas, sino la prueba se da por invalidada.

En cualquiera de los casos mencionados como falla, deberá someterse a evaluación el proceso y la formulación de la tubería que se esté produciendo. Este ensayo de control de calidad esta designado en la INEN bajo la norma 503.

Breve Reseña Histórica Del PVC.

El descubrimiento del P.V.C. se remonta a finales del siglo diecinueve al descubrirse que un nuevo compuesto orgánico llamado cloruro de vinilo reaccionaba fuertemente a la luz solar formando una acumulación de material sólido blanco en la parte baja de los tubos de prueba, esta reacción es la polimerización simple del P.V.C. El nuevo plástico fue olvidado debido a que en esa época no se le encontraron aplicaciones, pero para los años veinte se retomaron las investigaciones acerca del P.V.C., principalmente en Alemania, produciendo perfiles de P.V.C. rígido, y para los años treinta los científicos e ingenieros alemanes desarrollaron y produjeron cantidades limitadas de tubos de P.V.C.

Se puede decir que la Industria de la tubería de P.V.C. es producto de la segunda guerra mundial (1942), ya que los sistemas de agua y alcantarillado fueron destruidos en su mayoría por los bombardeos en Alemania, debido a esto los científicos e ingenieros alemanes desarrollaron la industria de la tubería de P.V.C.

Las primeras instalaciones hidráulicas con tubería de P.V.C. en (con campana y anillo de hule) inician en 1964.

Policloruro de vinilo – P.V.C.

El Policloruro de Vinilo (P.V.C.) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: Cloruro de sodio o sal común (CINA) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en

áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

Estudios realizados por el Centro de Ecología y Toxicología de la Industria Química Europea (ECETOC), señalan que la producción de P.V.C. se realiza sin riesgos para el medio ambiente.

Características del P.V.C.

- El P.V.C se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.
- Es inodoro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos.
- Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama.
- No se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable.



Figura 4. 1. Policloruro de vinilo - PVC

Desde la introducción de la tubería de P.V.C. en el mercado en 1965, se ha venido utilizando con magníficos resultados en instalaciones de edificios residenciales, hospitales y bienes de interés social, etc. Esto significa que las instalaciones han estado expuestas a una variedad de circunstancias y condiciones de funcionamiento; con lo que se demuestra el rendimiento satisfactorio de la tubería de P.V.C. para estas aplicaciones.

Las instalaciones con tubería P.V.C. sanitaria permiten un flujo fácil de los desechos, debido a la superficie lisa interior de los tubos y conexiones; razón por la cual se eliminan las obstrucciones en su interior, además su

bajo peso, amplia gama de conexiones y las diferentes longitudes en que se provee la tubería facilita la labor del instalador.

Ventajas del uso de la tubería de P.V.C.

- **Unión hermética:** El diseño de la unión espiga-campana no permite infiltración ni exfiltración, lo que impide la contaminación del agua.
- **Economía:** Por su superficie interna lisa las pendientes se reducen considerablemente, obteniendo menores volúmenes de excavación.
- **Mayor vida útil:** No se ve afectada por la agresividad de los suelos, no permite la entrada de raíces y además las sustancias propias de un alcantarillado sanitario no la atacan.
- **Flexibilidad:** Excelente comportamiento ante cargas vivas y muertas comparado con los materiales tradicionales, que le permite estar alojada en las profundidades de los proyectos sin problema alguno.
- **Baja rugosidad:** Coeficiente de rugosidad de Manning de 0.009, lo que significa una mayor eficiencia hidráulica.
- **Ligereza:** Por su peso por metro significativamente menor, el costo de manejo e instalación se reduce considerablemente, logrando altos rendimientos de mano de obra.
- **Resistencia mecánica:** La tubería de P.V.C. es muy resistente a golpes y al trato normal en obra, desde luego debe protegerse del manejo inadecuado y rudo.

Limitaciones en el uso de Tubería de P.V.C.

- A temperaturas menores a 0° C el P.V.C. reduce su resistencia al impacto.
- La tubería no debe quedar expuesta por periodos prolongados a los rayos solares, pues esto puede alterar sus propiedades mecánicas.
- La tubería de P.V.C. es susceptible al daño al contacto con elementos punzo cortantes.

4.1.2. Objetivos.

- Determinar la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida de tubos plásticos
- Establecer diferencias de la resistencia a la presión hidrostática sostenida en tubos plásticos en un medio líquido y al ambiente
- Encontrar la falla que presenta la probeta luego de aplicar la presión
- Determinar la presión a la cual se presenta la falla
- Establecer la utilidad adecuada de la tubería ensayada por la presión máxima obtenida
- Determinar si la resistencia en un medio líquido es mayor, si este es el caso, encontrar el porcentaje de diferencia
- Comprobar las formulas de presión utilizadas
- Establecer las diferencias entre tuberías de ventilación y de desagüe
- Realizar un instructivo de prácticas para este ensayo
- Encaminar a los constructores a utilizar tuberías adecuadas según en uso que estas vayan a tener en el proyecto
- Dar utilidad a los equipos del Laboratorio de Hidráulica que se encuentran subutilizados

4.1.3. Instrumental y equipo.

1.- Sistema de presión. Capaz de llegar gradualmente y sin fluctuaciones bruscas a la presión de prueba, y de mantenerla dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 4.1.

Características De La Bomba Manual De Pistón

- Cuerpo en hierro modelo 1.500 PSI
- Pistón de hierro
- Tanque en lámina y palanca en acero
- Manguera con sus acoples, tanque y manómetro ($A \pm 20 \text{ PSI}$ o $A \pm 2 \text{ Kg/cm}^2$).
- Presión de trabajo 1500 PSI

- Aplicaciones: Prueba de presión
- 2. Cronometro.** Con graduaciones en horas, minutos y segundos de accionado automático.
 - 3. Tapas terminales de cierre.** Aptas para el fácil montaje de la probeta, que garantizan la estanqueidad del conjunto, permiten la expansión longitudinal de la probeta y que no causan falla de la misma.
 - 4. Soportes.** Permite colocar las probetas sin que ocurran deflexiones en las mismas y les dan libertad de movimiento circunferencial y longitudinal.
 - 5. Tanque de pruebas.** Tanque donde se sumerge el soporte con la probeta a ensayarse.
 - 6. Termómetro.** Permite garantizar que el ensayo se realice bajo términos que exigen la norma.

Tabla 4. 1. Tolerancias de los parámetros de ensayo.

Período de ensayo	Temperatura	Presión	Tiempo
h	(±)°C	(±) %	(-) %
0 a 10	2	2	2
10 a 100	2	2	2
Más de 100	2	2	2

4.2. Preparación de la probeta de ensayo.

1. Longitud de la probeta. La longitud libre de las probetas se obtendrá de la fórmula siguiente:

$$L = 3D \text{ (ver nota 1).}$$

Donde:

L = longitud total (mm).

D = diámetro exterior (mm).

2. Los extremos de las probetas deben estar libres de defectos y sus planos de corte deben ser perpendiculares al eje de las mismas.

3. Acondicionamiento. Las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo $\pm 2^\circ \text{C}$ durante $1 \pm 0,1\text{h}$, en un baño de agua.

Nota 1: la probeta nunca debe ser menor a 30cm.

4.2.1. Procedimiento.

1. Determinar el espesor mínimo de pared en cada extremo de las probetas y el diámetro exterior promedio en los extremos y en la mitad de las mismas, de acuerdo al método de ensayo INEN 499 (anexos).

2. Limpiar las probetas y acoplar correctamente en sus extremos las tapas correspondientes, cuidando de no dañar la sección del tubo y asegurando su estanqueidad.

3. Acoplar cada probeta al sistema de presión, llenarla de agua, purgar el aire del sistema y sumergirla en el baño para su acondicionamiento, de acuerdo al numeral 4.2.

4. Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme, hasta alcanzar la presión de ensayo con las tolerancias indicadas en la Tabla 1, dentro de un lapso de 60 s, y mantenerla durante el tiempo especificado para el ensayo.

4.2.2. Cálculos.

Calcular el esfuerzo tangencial inducido (sp) en el material de la probeta ensayada mediante la fórmula siguiente:

$$sp = \frac{P}{2} \times \frac{D}{e} - 1$$

Donde:

sp = esfuerzo tangencial inducido (MPa).

P = presión interna de ensayo (MPa).

D = diámetro exterior promedio (mm).

e = espesor mínimo de pared (mm).

4.3. Comprobación con muestreo de la resistencia a presión hidrostática sostenida en tuberías plásticas al ambiente.

Para este punto los ensayos se realizarán con el mismo instrumental y equipo, se realizará lo mismo para la preparación de la probeta y el procedimiento será el mismo pero con la diferencia que la capsula de pruebas no va sumergida en agua, es decir, el tanque de pruebas va completamente vacío. Su único objetivo será el de ofrecer seguridad a las

personas que llevan a cabo los ensayos y a los estudiantes que observan los mismos.

Las diferencias que tengan estos ensayos con los sumergidos servirán para debelar inquietudes que se generen con respecto al tema en cuestión.

4.3.1. Informe de resultados.

ENSAYOS AL MEDIO AMBIENTE NORMAL

TUBERIA TIPO A:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3

Tabla 4. 2. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 50 mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C						
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas						
ESPESOR DE PARED (mm):	1.80						
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,68Mpa.						
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.						
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO						
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2.75						
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	37.19						

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS



PRESION HIDROSTATICA
 FECHA: 5 DE MARZO DE 2012
 PROYECTO: TESIS DE GRADO
 SOLICITADO: TUTOR DE TESIS
 MORMA: INEN 503
 DIAMETRO PROMEDIO: 75mm
 MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 3. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 75mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C			
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas			
ESPESOR DE PARED (mm):	2.00			
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,92Mpa.			
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.			
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO			
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2.06			
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	37.63			

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA
 FECHA: 5 DE MARZO DE 2012
 PROYECTO: TESIS DE GRADO
 SOLICITADO: TUTOR DE TESIS
 MORMA: INEN 503
 DIAMETRO PROMEDIO: 75mm
 MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 6. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 75mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C			
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas			
ESPESOR DE PARED (mm):	1.80			
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,92Mpa.			
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.			
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO			
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2.06			
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	41.92			

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 110mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 7. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 110mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C		
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas		
ESPEJOR DE PARED (mm):	2.00		
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,44Mpa.		
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.		
RESULTADO:	FALLA POR ENSANCHAMIENTO		
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1.51		
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	40.53		

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas

TUBERIA TIPO C:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 8. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 50mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C								
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas								
ESPEJOR DE PARED (mm):	1.60								
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,92Mpa.								
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.								
RESULTADO:	LA POR ENSANCHAMIENTO Y EXPLOSION DE PROBE								
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2.06								
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	31.19								

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 75mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 9. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 75mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPESOR DE PARED (mm):	1.80
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,65Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1.72
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	34.83

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 110mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 10. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 110mm.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C				
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas				
ESPESOR DE PARED (mm):	2.10				
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,24Mpa.				
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.				
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO				
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1.37				
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	34.88				

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas

ENSAYOS EN UN MEDIO LÍQUIDO

TUBERIA TIPO A:

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3

**Tabla 4. 11. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 50mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPESOR DE PARED (mm):	1,80
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,88Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	3,02
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	40,94

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 75mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 12. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 75mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPELOR DE PARED (mm):	2,00
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,06Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2,33
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	42,69

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA
FECHA: 5 DE MARZO DE 2012
PROYECTO: TESIS DE GRADO
SOLICITADO: TUTOR DE TESIS
MORMA: INEN 503
DIAMETRO PROMEDIO: 110mm
MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

Tabla 4. 13. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO A D= 110 mm. EN MEDIO LÍQUIDO.

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPELOR DE PARED (mm):	2,20
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,51Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1,65
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	40,25

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

TUBERIA TIPO B:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 14. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 50 mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPELOR DE PARED (mm):	1,50
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,47Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2,47
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	40,17

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 75mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 15. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 75mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPELOR DE PARED (mm):	1,80
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,78Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2,19
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	44,63

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA
FECHA: 5 DE MARZO DE 2012
PROYECTO: TESIS DE GRADO
SOLICITADO: TUTOR DE TESIS
MORMA: INEN 503
DIAMETRO PROMEDIO: 110mm
MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 16. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO B D= 110mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPELOR DE PARED (mm):	2,00
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,37Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1,44
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	38,60

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

TUBERIA TIPO C:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 17. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 50mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPEJOR DE PARED (mm):	1,60
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,92Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2,06
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	31,19

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 75mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 18. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 75mm.
EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPEJOR DE PARED (mm):	1,80
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,72Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1,78
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	36,08

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS.**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 110mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3.

**Tabla 4. 19. INFORME DE RESULTADOS TUBERIA TIPO C D= 110
mm. EN MEDIO LÍQUIDO.**

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPESOR DE PARED (mm):	2,10
PRESION DE ENSAYO (mínima):	1,25Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	1,30
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	33,05

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

CAPITULO 5.

5.1. CONCLUSIONES GENERALES.

- No se pueden tener mediciones exactas por la falta de instrumentos con la precisión adecuada para dicha tarea
- Un modelo físico no resuelve todos los problemas que se requiere solventar, por las similitudes adoptadas ya que no todas pueden ser escogidas, surgiendo las limitaciones que todo modelo tiene.
- Interpretar los resultados obtenidos en el modelo de una manera correcta, ayudará a resolver problemas futuros, ya que una de las finalidades de este proyecto es la que los estudiantes tengan una fuente de enseñanza
- La apreciación del operador de los equipos incide de una manera determinante en los resultados obtenidos, pues la apreciación de los equipos no es la que se desearía para la investigación.

CAPITULO 6.

6.1. RECOMENDACIONES GENERALES.

- Construir otros tipos de modelos hidráulicos, logrando un laboratorio más completo, enriqueciendo el conocimiento de los estudiantes.
- Adquirir todos los instrumentos y maquinaria necesaria para el laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería civil.
- Dar utilidad a los equipos del Laboratorio de Hidráulica que se encuentran subutilizados
- Fomentar la investigación en todos los campos, especialmente en el área de hidráulica
- La lectura de las mediciones en los equipos se deben realizar por una sola persona, ya que de lo contrario existirán diferencias que nos llevaran a resultados que no concuerden con lo obtenido con formulas conocidas
- La preparación de las muestras se deben realizar con toda la presión posible, pues una muestra mal colocada genera restricciones en la información obtenida
- La calibración del equipo para la investigación es necesaria pues es la única manera de llegar a obtener resultados legibles y confiables
- En la construcción de futuros modelos se recomienda obtener aparatos con la mayor apreciación posible para llegar a obtener resultados acordes al nivel de exigencia que la investigación requiera

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

L_p = Longitud del prototipo

L_m = Su longitud homóloga en el modelo

L_e = Escala

N. A. = Nivel del agua.

d = Densidad del agua.

G = Masa del cuerpo de prueba.

H = Altura del cuerpo de prueba.

A = Área bajo el cuerpo de prueba.

-P = Fuerza resultante hacia arriba (empuje del agua).

+P = Fuerza resultante hacia abajo (masa del cuerpo de prueba + masas calibradas)

Θ volcadura (°) = Ángulo formado por el mástil y la cuerdo de la plomada, calculado con las lecturas tomadas.

D = Lectura en cm tomada de la regla paralela al eje de las pesas móviles.

Θ vol. - cal (°) = ángulo calculado que provoca la volcadura del modelo.

m = Altura metacéntrica.

Q = Pesa que corre perpendicularmente al mástil.

b = Desplazamiento de la pesa.

W = Magnitud del empuje.

ΔΦ = Ángulo de inclinación en radianes

Aislar herméticamente. - Cerrar una abertura sin dejar pasar ni el aire.

Altura Metacéntrica. - Distancia entre el centro de gravedad (G) y el metacentro (M).

Ángulo de volcadura. - Cuando el ángulo de incidencia es mayor o igual al ángulo crítico

Antibalance. - Sistema empleado para amortiguar los movimientos de balance de un barco, mediante el uso de unos tanques, activos o pasivos, situados en el sentido transversal, diseñados de tal modo que el movimiento del agua en el interior de los tanques da lugar a un par de adrizamiento del buque, lo que reduce la amplitud de sus movimientos de balance.

Bushing.- Accesorio de plomería que une dos tuberías de diferente diámetro, la reducción bushing tiene rosca exterior en el extremo de mayor dimensión y rosca interior en el lado de menor diámetro, es decir, en el extremo ya reducido.

Calado.- Profundidad que alcanza en el agua la parte sumergida de un barco.

Casco del barco.-Es el cuerpo del barco sin contar con su arboladura, maquinas ni pertrechos.

Centro de carena.- Centro del volumen sumergido o bien punto de aplicación de la fuerza ascendente.

Centro de gravedad.- Punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de la gravedad. Generalmente el centro de gravedad no coincide con el centro geométrico.

Densidad.- Es la cantidad de masa que existe en una unidad de volumen. La densidad del agua dulce es de 1000 Kg. /m³ y el agua de mar 1025 Kg. /m³.

Desfogue.- Es un tubo de desfogue o difusor da salida al agua de la tubería y al mismo tiempo procura una ganancia en carga estática hasta el valor de la presión atmosférica.

Esfuerzo tangencial.- El esfuerzo de tensión con orientación circunferencial en la pared del tubo dado por la presión hidrostática interna.

Espécimen.- Una pieza o parte de ella proveniente de una muestra para realizar un ensayo.

Giróscopos estabilizadores.- Dispositivo náutico que puede aumentar considerablemente la resistencia al vuelco de un barco por giro en torno a su eje proa-popa.

Inocuo.- Que no hace daño.

Línea de flotación.- Es una banda o límite que separa la parte sumergida de una nave de la que no lo está, y es, evidentemente, indicada en la superficie del agua hasta donde emerge la obra muerta.

Llave de paso.- Instrumento que sirve para facilitar o impedir el paso de un fluido por un conducto.

Manómetro.- Instrumento destinado a la medición de presiones en gases o líquidos.

Marejada.- Movimiento tumultuoso de grandes olas, aunque no haya tempestad.

Mástil.- Un mástil o palo de un barco es el gran palo vertical que sujeta las velas.

Metacentro.- Punto de intersección de las líneas de fuerzas ascendentes sobre la línea de equilibrio normal al escorarse el barco un ángulo pequeño ($< 15^\circ$).

Modelo hidráulico.- Modelos físicos a escala reducida, llamados simplemente modelos hidráulicos, implica que estos deben ser semejantes al prototipo, para lo cual debe satisfacerse las leyes de similitud Geométrica, Cinemática y Dinámica, que en conjunto relacionan magnitudes físicas homologas definidas entre ambos sistemas.

Mundo bidimensional.- Es en el cual los objetos o todo lo percibido a simple vista por el ojo humano no da señales de tener profundidad alguna y dan la impresión de ser imágenes lisas.

Neplo.- Es una pieza de plomería de largo variable que tiene dos roscas machos y sirve para acoplar dos caños o extremos con las roscas opuestas hembras.

Pantoque.- Parte casi plana del casco de un barco, que forma el fondo junto a la quilla.

Par adrizante.- Es el par de fuerzas constituido por el peso del barco (Desplazamiento) y el empuje del agua (GZ).

Polímero.- Sustancia que consiste de moléculas caracterizadas por la repetición de uno o más tipos de monómeros unidos.

Presión hidrostática.- Es el valor expresado en MPa, que corresponde a la presión interna máxima admisible para uso continuo del tubo transportando agua a 20°C de temperatura.

Quillas de balance.- Pieza principal de la estructura situada en la parte inferior del buque, en sentido longitudinal.

Tanques estabilizadores.- Un tanque estabilizador pasivo consiste básicamente en un espacio interior del buque comprendido entre los

costados, dos cubiertas y dos mamparos transversales, con una determinada configuración interior y que contiene una determinada cantidad de fluido, generalmente agua de mar.

Unión universal.- Accesorio de plomería, usado para darle continuidad a una instalación de suministro de aguas blancas.

Visor.- Accesorio del tanque de pruebas cuya finalidad es visualizar con detalle las pruebas dentro del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- DODGE, Russell A. THOMPSON, Milton J. Mecánica de Fluidos. 1937. . McGraw- Hill. No de paginas 495.
- 2.- CESPEDES, Guillermo C. Manual de Hidráulica. Segunda Edición. España. 1941. No de paginas 386.
- 3.- SOTELO, Gilberto, Hidráulica General. 2009. México. Limusa-Noriega. 2009. No de paginas 561.
- 4.- HIDALGO, Marcelo. Introducción a la teoría de los Modelos Hidráulicos y Aplicaciones. No de paginas 62.
- 5.- CASTRO, Marco. Análisis Dimensional y Modelación Física en hidráulica.
- 7.- KING, Horace. Hidráulica. 1948. México. Trillas 1982. No de paginas 654.
- 8.- DAILY, James. Dinámica de Fluidos. 1969. México. Trillas. 1969. No de paginas 511.
- 9.- DOMINGUEZ, Francisco. Hidráulica. 1974. Chile. Universitaria. 1979. No de paginas 773.
- 10.- STREETER, Víctor. Mecánica de Fluidos. 1966. México. McGraw-Hill. 1970. No de paginas 747.

ANEXOS.

CAPITULO 7.

7.1. Anexos.

7.1.1. NORMA INEN 503.

TUBERIA PLÁSTICA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA INTERIOR SOSTENIDA.

1. OBJETO.

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida de tubos plásticos.

2. TERMINOLOGIA.

2.1.- Fallas de la probeta.

2.1.1 El conjunto de términos propios del ámbito están definidos en la Norma INEN 1333.

3. RESUMEN.

3.1 El método consiste en someter a las probetas a una presión interna determinada y constante, durante un lapso prolongado, bajo condiciones de ensayo prefijados.

4. INSTRUMENTAL.

4.1 Sistema de presión. Capaz de llegar gradualmente y sin fluctuaciones bruscas a la presión de prueba, y de mantenerla dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 1.

4.2 Baño a temperatura constante. Sistema constituido por un recipiente que contenga agua que se mantenga a temperatura constante y uniforme dentro de las tolerancias de la Tabla 1.

4.3 Manómetro. Con una exactitud y precisión no menor al 2% de toda la escala, con aguja de arrastre.

4.4 Reloj. Con graduaciones en horas y minutos de preferencia accionado automáticamente.

4.5 Tapas terminales de cierre. Aptas para el fácil montaje de la probeta, que garanticen la estanqueidad del conjunto, permitan la expansión longitudinal de la probeta y que no sean causa de falla de la misma.

4.6 Soportes. Que permitan colocar las probetas sin que ocurran deflexiones en las mismas y les den libertad de movimiento circunferencial y longitudinal.

5. PREPARACION DE LA PROBETA.

5.1 Longitud de la probeta. La longitud libre de las probetas se obtendrá de la fórmula siguiente:

$$L = 3D \text{ (ver nota 1).}$$

Donde:

L = longitud total (mm).

D = diámetro exterior (mm).

5.1.1 Los extremos de las probetas deben estar libres de defectos y sus planos de corte deben ser perpendiculares al eje de las mismas.

5.2 Acondicionamiento. Las probetas deben acondicionarse a la temperatura de ensayo $\pm 2^\circ \text{C}$ durante $1 \pm 0,1\text{h}$, en un baño de agua.

6. PROCEDIMIENTO.

6.1 Determinar el espesor mínimo de pared en cada extremo de las probetas y el diámetro exterior promedio en los extremos y en la mitad de las mismas, de acuerdo al método de ensayo INEN 499.

6.2 Limpiar las probetas y acoplar correctamente en sus extremos las tapas correspondientes, cuidando de no dañar la sección del tubo y asegurando su estanqueidad.

Nota 1: la probeta nunca debe ser menor a 30cm.

6.3 Acoplar cada probeta al sistema de presión, llenarla de agua, purgar el aire del sistema y sumergirla en el baño para su acondicionamiento, de acuerdo al numeral 5.2.

6.4 Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme, hasta alcanzar la presión de ensayo con las tolerancias indicadas en la Tabla 1, dentro de un lapso de 60 s, y mantenerla durante el tiempo especificado para el ensayo.

TABLA 1. Tolerancias de los parámetros de ensayo.

Período de ensayo	Temperatura	Presión	Tiempo
h	(±)°C	(±) %	(-) %
0 a 10	2	2	2
10 a 100	2	2	2
Más de 100	2	2	2

7. CÁLCULOS

7.1 Calcular el esfuerzo tangencial inducido (sp) en el material de la probeta ensayada mediante la fórmula siguiente:

$$sp = \frac{P}{2} \times \frac{D}{e} - 1$$

Donde:

sp = esfuerzo tangencial inducido (MPa).

P = presión interna de ensayo (MPa).

D = diámetro exterior promedio (mm).

e = espesor mínimo de pared (mm).

8. INFORME DE RESULTADOS.

8.1 El informe para la presentación de resultados debe contener los datos siguientes:

- a.- Identificación completa de cada probeta ensayada: datos del marcado del producto.
- b.- Espesor mínimo de pared y diámetro exterior promedio.
- c.- Acondicionamiento y condiciones de ensayo.
- d.- Presión y tiempo de ensayo.
- e.- Tipo de falla.
- f.- Esfuerzo tangencial (ver numeral 7.1).
- g.- Observaciones.
- h.- Laboratorio, nombre y firma del responsable.
- i.- fecha de ensayo, y,

j.- Referencia a la presente norma.

APENDICE Z.

Z.1 NORMAS A CONSULTAR.

INEN 499 Tubería plástica. Determinación de las dimensiones.

INEN 1333 Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo.
Terminología.

Z.2 BASES DE ESTUDIO.

ISO 1167-73 (E).Plastic pipes for the transport of fluids. Determination on
of the resistance to internal pressure.InternationalOrganizationforStandar
di zation.Ginebra, 1973.

7.1.2. NORMA INEN 499.

TUBERIA PLASTICA DETERMINACION DE ÍAS DIMENSIONES.

1. OBJETO.

1.1 Esta norma establece los equipos y métodos empleados para determinar las dimensiones de los tubos y accesorios de materiales plásticos.

2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS.

2.1 Preparación de las probetas.

2.1.1 Probetas tubulares. Las probetas pueden estar constituidas por tubos en su longitud nominal o fracciones de éstos. Sus superficies deben estar limpias y sus extremos deben ser perpendiculares al eje del tubo y sin rebabas.

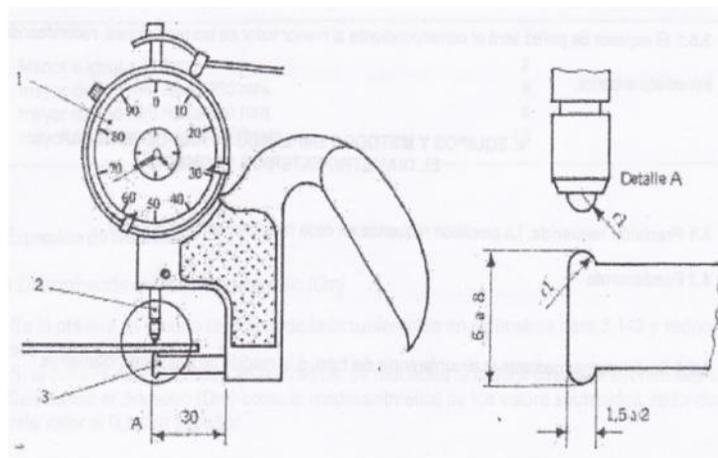
2.1.2 Las probetas de accesorios deben estar constituidas por accesorios completos.

3. EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE PARED EN UNA SECCION CUALQUIERA.

3.1 Precisión requerida. La precisión requerida en cada medida de espesor de pared es de 0,05 mm.

3.2 Calibrador de espesores del tipo indicado en la figura 1, o cualquier otro instrumento de medida de la misma sensibilidad.

FIGURA 1.



DESCRIPTORES: Polímeros, tubería, tubería plástica, tubos, dimensiones, determinación.

3.3 El calibrador de espesores indicado en la figura 1, debe cumplir los requisitos siguientes:

- a) Permitir lecturas al 0,01 mm
- b) Estar provisto de una varilla fija o pie (3) de longitud no menor a 30 mm, rígidamente unida al aparato, de manera que la aguja del dial (1) registre una desviación menor al 0,01 mm al aplicar una fuerza de 5 N (0,5 kgf) en su extremo, en la dirección del eje del palpador (2).
- c) El extremo del pie (3) debe tener la forma de un disco perpendicular a su eje, con un diámetro comprendido entre 6 y 8 mm y de 1,0 a 2,0 mm de espesor; los bordes del disco deben ser redondeados con un radio (r1) de 1,0 mm aproximadamente (ver figura 1, detalle A);
- d) El extremo del palpador (2) debe ser semiesférico, con un radio (r1) de 1,0 mm aproximadamente (ver figura 1, detalle A);
- e) La fuerza con la que el palpador se apoya en la superficie del tubo debe ser menor a 2,5 N (0,25 kgf); y
- f) Las superficies de los puntos de contacto fijo (3) y movable (2) deben ser de acero duro.

3.4 Procedimiento.

3.4.1 Las probetas deben tener igual temperatura que la del ambiente del lugar de ensayo.

3.4.2 Para efectuar cada lectura, colocar el aparato de manera perpendicular al eje del tubo.

3.4.3 Realizar mediciones en diferentes puntos de la misma sección, de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

TABLA 1. Puntos mínimos de medida.

DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO (D)	NUMERO MINIMO DE PUNTOS A MEDIRSE
Menor o igual a 110 mm.	4
Mayor de 110 mm hasta 250 mm	8
Mayor da 250 mm hasta 630 mm	16
Mayor de 630 mm hasta 1000 mm	32

3.5 Expresión de resultados

3.5.1 El espesor de pared será el correspondiente al menor valor de las mediciones, redondeando al 0,05 mm inmediato superior.

4. EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR EL DIAMETRO EXTERIOR PROMEDIO.

4.1 Precisión requerida. La precisión requerida en cada medición será de 0,1 mm

4.2 Fundamento.

4.2.1 Se determina mediante la circunferencia del tubo, 6 la medida de dos o más diámetros.

4.3 Instrumental.

4.3.1 Cinta milimétrica.

4.3.1.1 La cinta milimétrica de preferencia deberá estar graduada directamente en diámetros y debe cumplir los requisitos siguientes:

- a) Permitir lecturas al 0,05 mm;
- b) Ser de acero inoxidable u otro material adecuado;
- c) Tener un ancho relacionado con la tracción del material del que está fabricada, de manera que una fuerza axial de 2,5 N (0,25 kgf) en sus extremos no provoque una deformación mayor a 0,05 mm;
- d) Graduada de manera que su exactitud corresponda a las tolerancias admisibles y;
- e) Tener la suficiente flexibilidad para conformar exactamente la circunferencia del tubo,

4.3.2 Calibrador.

4.3.2.1 El calibrador deberá ser apto para realizar mediciones al 0,05 mm en cualquier sección del tubo.

4.4 Procedimiento.

4.4.1 Colocar la cinta alrededor de la circunferencia exterior del tubo (espiga), de manera perpendicular a su eje, asegurando el normal contacto entre sus superficies. Se tomará una sola medición.

4.4.2 Colocar la mandíbula fija del calibrador en un lado del tubo y la móvil en el opuesto, en forma perpendicular al eje del tubo y de modo que

exista un contacto con la superficie del mismo. El número de mediciones se realizara de acuerdo a la Tabla 2.

TABLA 2. Número mínimo de medidas.

DIAMETRO EXTERIOR DEL TUBO (D)	NUMERO MINIMO DE MEDIDAS A TOMARSE
Menor o igual a 110 mm.	2
Mayor de 110 mm hasta 250 mm	4
Mayor da 250 mm hasta 630 mm	8
Mayor de 630 mm hasta 1000 mm	16

4.5 Expresión de resultados.

4.5.1 Determinación del diámetro promedio (Dm)

- a) Se lo obtiene dividiendo la lectura de la circunferencia en milímetros para 3,142 y redondeando al 0,1 mm superior.
- b) Si la cinta Pi está graduada en diámetros, se redondea la lectura directa al 0,1 mm superior
- c) Calculando el diámetro (Dm) como la media aritmética de los valores obtenidos, redondeando este valor al 0,1 mm superior.

5. EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR EL DIAMETRO EXTERIOR EN UN PUNTO CUALQUIERA DE LA MISMA SECCION.

5.1 Precisión requerida. La precisión requerida en cada medida debe ser de 0,05 mm

5.2 Fundamento.

5.2.1 Determinar en una sección transversal del tubo el diámetro exterior máximo y el diámetro exterior mínimo.

5.3 Instrumental.

5.3.1 Únicamente se utilizará un calibrador apto para realizar mediciones al 0,05 mm en cualquier sección del tubo.

5.4 Procedimiento.

5.4.1 Colocar la mandíbula fija del calibrador en un lado del tubo y la móvil en el opuesto, en forma perpendicular al eje del tubo, de modo que exista un contacto -normal con la superficie del mismo.

5.4.2 Tomar el número de medidas de acuerdo a lo especificado en la tabla 2.

5.5 Expresión de resultados.

5.5.1 Determinar los valores de diámetro exterior máximo y mínimo, redondeados al 0,1 mm superior.

6. EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR EL DIAMETRO INTERIOR DE CAMPANA DE TUBOS Y ACCESORIOS.

6.1 Precisión requerida. La precisión requerida en cada medida debe ser de 0,1 mm.

6.2 Fundamento.

6.2.1 Determinar en una sección transversal el diámetro interior de las campanas de tubos y accesorios.

6.3 Instrumental.

6.3.1 Método directo.

6.3.1.1 Calibrador de diámetros interiores que permita lecturas al 0,05 mm.

6.3.2 Método Indirecto.

6.3.2.1. Cinta Pi que permita lecturas al 0,05 mm

6.3.2.2. Calibrador de espesores que permita lecturas al 0,05 mm

6.4 Procedimiento.

6.4.1. Tomar el número de mediciones en la mitad de la profundidad de campana, según lo especificado en la tabla 2 y determinar el diámetro Interior promedio.

6.4.2 Método Indirecto.

6.4.2.1. Determinar el diámetro exterior en la mitad de la profundidad de la campana, para lo cual:

a) Se lo obtiene dividiendo la lectura de la circunferencia en milímetros para 3,142 y redondeada al 0.1 mm superior.

b) Si la cinta Pi está graduada en diámetros, se redondea la lectura directa al 0,1 mm superior.

6.4.2.2 Tomar el número de mediciones de espesor de campana, de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

6.5 Expresión de resultados.

6.5.1 Método directo.

6.5.1.1 Calcular el diámetro interior de campana como la media aritmética de los valores obtenidos.

6.5.2 Método indirecto.

6.5.2.1 Se determina mediante la siguiente expresión:

$$DI = DM - 2EM.$$

Donde:

DI = Diámetro Interior da campana.

DM = Diámetro exterior de campana (tomado con la cinta milimétrica o Pi).

EM = Espesor promedio de campana.

7. EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DE CAMPANA DE TUBOS Y ACCESORIOS.

7.1 Precisión requerida. La precisión requerida en cada medida debe ser de 0,1 mm.

7.2 Fundamento.

7.2.1 Determinar la profundidad de campana de tubos y accesorios

7.3 Instrumental.

7.3.1 Calibrador que permita lecturas al 0,05 mm

7.4 Procedimiento.

7.4.1 Determinar la profundidad mínima de campana, realizando mediciones por lo menos en cuatro generatrices.

7.5 Expresión de resultados.

7.5.1 Expresar el valor de profundidad de campana como el promedio de las mediciones obtenidas, redondeado al 0,1 mm superior.

8. INFORME DE RESULTADOS.

8.1 El Informe para presentación de los resultados debe contenerlos. datos siguientes:

- a) Identificación de la probeta: datos del marcado del producto.
- b) Espesor de pared mínimo de espiga.
- c) Diámetros exteriores y/o Interiores.
- d) Profundidad de campana.

- e) Observaciones.
- f) Laboratorio, nombre y firma de responsable.
- g) Fecha de ensayo y,
- h) Referencia a la presente norma.

APENDICE Z.

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR.

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO.

Norma Internacional ISO 3126. Plastic pipes. Measurement of dimensions. International Organization for Standardization Ginebra, 1974.

Norma ASTM D2122. Standard method for determining Dimensions of Thermoplastic pipes and fittings. American Society for testing and materials Filadelfia, 1975.

7.1.3. NORMA INEN 1333.

TUBERIA PLASTICA.

TUBERIA DE CLORURO DE POLIVINILO TERMINOLOGIA.

1. OBJETO.

1.1 Esta norma establece las definiciones de los términos más generales usados en el campo de la tubería plástica, en lo referente a tubería de cloruro de polivinilo.

2. ALCANCE.

2.1 Esta norma comprende la terminología básica usada en la industria de la tubería plástica de cloruro de polivinilo.

3. DEFINICIONES.

3.1 Accesorio. Un componente usado para: unir o terminar partes constitutivas, proveer cambios de dirección o realizar acoples, en el sistema de conducción de aguas.

3.2 Adhesión. Es el grado de la fuerza de unión entre el adhesivo y los elementos de unión.

3.3 Adhesivo. Una sustancia capaz de mantener materiales unidos por contacto superficial.

3.4 Agente desmoldante. Una sustancia usada para evitar la adherencia al molde del material de moldeo.

3.5 Agrietamiento. Aparición de grietas finas, en la superficie de un plástico.

3.6 Agrietamiento bajo sollicitaciones ambientales. La aparición de grietas en el material debido a sollicitaciones o acciones de agentes ambientales.

3.7 Aguas negras. Mezcla de aguas residuales, de infiltración y agua lluvia.

3.8 Aguas residuales. Mezcla de aguas de desecho, domésticas e industriales.

3.9 Aguas servidas. Aguas provenientes de consumo doméstico.

3.10 Alcantarilla. Tubería usada para conducción de aguas residuales, aguas lluvia y/o aguas negras.

- 3.11 Ampolla.** Una protuberancia hueca en la superficie del plástico cuyos límites pueden definirse con aproximación, algo parecido a una ampolla en la piel humana.
- 3.12 Antioxidante.** Ingredientes del compuesto usado para retardar el deterioro causado por la oxidación.
- 3.13 Campana terminal.** La parte agrandada en un extremo del tubo o accesorio que se usa en el acoplamiento de dos piezas.
- 3.14 Catálogo.** Un sistema de clasificación para tubos y accesorios plásticos.
- 3.15 Celda.** Una pequeña cavidad cerrada parcial o completamente.
- 3.16 Cemento solvente.** Un adhesivo hecho por disolución de una resina plástica o compuesto en un solvente o mezcla de solventes adecuados.
- 3.17 Cementado por solvente.** La unión de tubos y accesorios por medio de cemento solvente.
- 3.18 Cloruro de polivinilo (PVC).** Plástico preparado por la polimerización de cloruro de polivinilo como el único monómero.
- 3.19 Coextrusión.** Un proceso donde dos o más corrientes (flujos) de material plástico son forzadas a pasar a través de uno o algunos orificios de moldeo para convertirse en una pieza de forma continua.
- 3.20 Código.** Método abreviado para proveer información.
- 3.21 Código de clasificación.** Código que identifica el material plástico por sus propiedades de acuerdo con los requerimientos normativos.
- 3.22 Código de designación para tubos de uPVC.** Código que identifica la tubería de acuerdo con los requerimientos normativos.
- 3.23 Compatibilidad.** Capacidad de tubos y accesorios plásticos para unirse unos a otros en forma satisfactoria.
- 3.24 Compatibilidad elastomérica.** Condición por la cual el elastómero no produce efectos adversos en las propiedades de tubos o accesorios con los que se encuentra en contacto durante un periodo prolongado.
- 3.25 Compuesto de cloruro de polivinilo.** Material que contiene cloruro de polivinilo y materiales agregados, exento de plastificantes.
- 3.26 Contaminación.** La presencia de una sustancia extraña a la fórmula del producto.

- 3.27 Cráter.** Una pequeña imperfección superficial poco profunda.
- 3.28 Curado.** Cambio de la propiedad de un sistema de polímeros hacia un estado final más estable, con condiciones de utilidad, mediante el uso de calor, radiación o reacción con aditivos químicos.
- 3.29 Deformación.** El cambio en las dimensiones de un cuerpo como resultado de la aplicación de una fuerza.
- 3.30 Degradación.** Un cambio deteriorante en la estructura química del plástico.
- 3.31 Densidad aparente.** Densidad de la materia prima. Masa en aire por la unidad de volumen de la materia prima.
- 3.32 Densidad relativa.** Densidad del producto terminado. Relación entre la masa en aire del volumen del producto y la masa en aire de un volumen igual de agua.
- 3.33 Diámetro nominal.** Diámetro exterior del tubo, sin considerar su tolerancia, que servirá de referencia en la identificación de los diversos accesorios y uniones de una instalación.
- 3.34 Diámetro exterior en un punto cualquiera.** Es el resultado de medir en cualquier sección transversal del tubo, su diámetro exterior. Valor aproximado al 0,1 mm superior.
- 3.35 Diámetro exterior medio.** Es el cociente del valor medido de la circunferencia exterior del tubo y del valor 3,142, o el resultado del promedio de la medida de dos o más diámetros. Valor redondeado al 0,1 mm.
- 3.36 Eflorescencia.** Presencia de manchas en la superficie de un material por migración de uno de sus componentes.
- 3.37 Elastómero.** Un material macromolecular que retoma aproximadamente a su forma y dimensiones iniciales en un período corto de tiempo, luego de la extinción de la tensión a la que ha sido solicitado.
- 3.38 Ensayo a elevada temperatura.** Ensayo para tubos y accesorios de cloruro de polivinilo realizado a temperatura superior de 20°C.
- 3.39 Ensayo de calidad.** Ensayo llevado a cabo en un producto para determinar si cumple o no con los requisitos normativos específicos para dicho producto.

3.40 Ensayo de calificación. Una evaluación generalmente no repetitiva, sobre un material existente deteriorado, o sobre un producto nuevo para determinar su aceptación.

3.41 Ensayo de certificación de calidad. Un ensayo dentro de un programa que es conducido para determinar el nivel de calidad. La certificación de calidad incluye control de calidad, evaluación de calidad y certificación de diseño.

3.42 Ensayo de control de calidad. Un ensayo periódico destinado a determinar si el producto está de acuerdo o no con las especificaciones correspondientes.

3.43 Ensayo de impacto. Ensayo o falla por impacto de masa, desarrollado especialmente para tubos y accesorios plásticos.

3.44 Ensayo de presión sostenida. Ensayo con presión interna constante mantenida por un período de tiempo extenso.

3.45 Envejecimiento. Efecto producido al exponer los materiales a un medio durante un intervalo de tiempo.

3.46 Esfuerzo hidrostático de diseño. Esfuerzo máximo tangencial recomendado, el cual puede aplicarse en forma continua con un alto grado de certidumbre que no ocurrirá la falla del tubo.

3.47 Esfuerzo tangencial. El esfuerzo de tensión con orientación circunferencial en la pared del tubo dado por la presión hidrostática interna.

3.48 Espécimen. Una pieza o parte de ella proveniente de una muestra para realizar un ensayo.

3.49 Espiga. Parte terminal de un tubo y/o accesorio que se acopla con la campana.

3.50 Estabilizador. Un ingrediente añadido a la composición de un plástico para retardar su posible degradación.

3.51 Estricción. Reducción localizada en el área transversal que se presenta en el material bajo esfuerzo de tensión.

3.52 Exposición al aire libre. Exposición a condiciones ambientales: luz solar, lluvia, aire, cambios de temperatura, viento.

3.53 Extrusión. Proceso por el cual un plástico es forzado a través de un orificio de moldeo, para formar una pieza de forma continua.

3.54 Exudación. Filtración que ocurre a través de fisuras microscópicas en la pared de la probeta. Se evidencia en forma de manchas o gotas en la pared de la misma,

3.55 Fabricación. La manufactura de productos plásticos por operaciones como punzado, cortado, taladrado y ajustado; se incluye la manufactura de anillos elastoméricos para dispositivos mecánicos; adhesivos para sellado y otros medios.

3.56 Factor de contracción. Relación lineal entre las dimensiones de la pieza moldeada y las dimensiones del molde.

3.57 Falla. Presencia de fisura o roturas en los tubos y accesorios de un sistema de condición.

3.58 Falla de adhesión. La ruptura del vínculo adhesivo en el plano de separación.

3.59 Falla de la probeta. En ensayo de presión hidrostática sostenida, presencia de fisuras o roturas en el exterior o interior de la probeta ensayada, verificadas a simple vista.

3.60 Fijar. El convertir un adhesivo a un estado sólido, duro, por acción química o física, como: condensación, polimerización, oxidación, vulcanización, gelación, hidratación o evaporación de sus componentes volátiles.

3.61 Flecha. Deformación remanente en el material luego de retirar la fuerza que produzca la deformación.

3.62 Fuga. Trasmisión del agua de ensayo a través de grietas, o perforaciones del cuerpo de la probeta con la consecuente pérdida de la presión suministrada. No se considera falla si ésta se produce a una distancia desde los extremos de la probeta menor o igual a un diámetro de la misma, más la longitud de acoplamiento.

3.63 Fundir. Convertir el plástico en una masa homogénea por medio de temperatura y presión, o hacer una unión en tubería por medio de temperatura y presión.

3.64 Gel. Un sistema semi - sólido consistente en una red de agregados sólidos en la cual el líquido se retiene

3.65 Grano. Pequeña elevación puntiaguda o cónica en la superficie del plástico.

3.66 Grieta. Cualquier abertura angosta o fisura, abierta en la superficie, visible a simple vista.

3.67 Hoyo. Pequeño cráter en la superficie del plástico, con dimensiones, ancho y profundidad, aproximadamente iguales en magnitud.

3.68 Hinchamiento. Cualquier expansión local anormal de la probeta producida por la presión interna.

3.69 ISO, ecuación de esfuerzo. Una ecuación que establece la relación entre esfuerzo presión y las dimensiones del tubo.

$$\sigma = P / 2e (D - e)$$

Siendo:

σ = esfuerzo tangencial.

P = presión.

D = diámetro exterior.

e = espesor de pared.

3.70 Junta. Localización de la unión de dos piezas de tubo, o de un tubo y un accesorio. La unión puede hacerse por adhesivo, por cemento solvente, por calor, por procedimientos mecánicos, fletado o sellado elástico.

3.71 Longitud nominal. Longitud efectiva del tubo sin considerar campanas o enchufes terminales.

3.72 Lote. Una colección de unidades de producto manufacturado bajo condiciones uniformes de fabricación.

3.73 Lubricante. Un material usado para reducir la fricción entre dos superficies en contacto o un aditivo incorporado a los componentes de un plástico para reducir su viscosidad, mejorar el procesamiento o las características del producto.

3.74 Llenado incompleto. Deficiencia en el moldeo del material.

3.75 Marca de contracción. Una depresión en la superficie de una pieza moldeada producida por la contracción del material.

3.76 Moldeado por inyección. El proceso de formación de un material, forzándolo por presión a pasar por un cilindro calentado hacia la cavidad de un molde cerrado.

3.77 Moldeo por compresión. Método para conformar objetos de plástico, colocando el material en la cavidad de un molde y sometiéndolo a presión y generalmente al calor.

3.78 Muestra. Una o más unidades de productos seleccionados y representativos de un lote.

3.79 Ovalamiento. Diferencia entre diámetro exterior máximo y diámetro exterior mínimo.

3.80 Ojo de pescado. Pequeña masa globular que no ha fundido completamente dentro del material circundante.

3.81 Piel de naranja. Superficie áspera parecida a la piel de una naranja.

3.82 Plástico. Material que contiene como ingrediente esencial una o más sustancias polímeras orgánicas de gran peso molecular, sólido en su estado final.

3.83 Plástico reforzado. Plástico con propiedades de resistencia mayores a aquellas de la resina base, debido a la presencia de materiales de gran resistencia agregados a su composición.

3.84 Plastificantes. Sustancia incorporada al plástico para incrementar su flexibilidad.

3.85 Polímero. Sustancia que consiste de moléculas caracterizadas por la repetición de uno o más tipos de monómeros unidos.

3.86 Presión nominal. Es el valor expresado en MPa, que corresponde a la presión interna máxima admisible para uso continuo del tubo transportando agua a 20°C de temperatura.

3.87 Presión de trabajo. Es el valor expresado en MPa, que corresponde a la presión máxima que puede soportar un tubo destinado a la conducción de aguas en uso continuo, considerando las condiciones de empleo.

3.83 Razón verdadera de impacto (RVI). Número total de probetas falladas, dividido por el número total de impactos, suponiendo que la partida entera ha sido ensayado.

3.89 Resina. Término para designar cualquier polímero usado como material básico en la fabricación de artículos plásticos.

3.90 Resistencia a fungosidad. Propiedad de un plástico para resistir el desarrollo de la fungosidad o de sus productos metabólicos, o los dos, bajo condiciones normales de servicio.

3.91 Resistencia química. Propiedad de la tubería plástica para resistir ataque químico.

3.92 Resistencia hidrostática. Esfuerzo tangencial.

3.93 Resistencia hidrostática de diseño. Esfuerzo hidrostático de diseño.

3.94 Reventamiento. Falla por rotura de la pared de la probeta.

3.35 Sello elastomérico. Un material o dispositivo elastómero que es usado para sellar la unión de tubería y accesorios.

3.96 Termoplástico. Material capaz de ablandarse por incremento de temperatura y endurecerse por disminución de ella, de manera repetida,

3.97 Tubo plástico. Cilindro hueco de material plástico en el cual el espesor de pared es pequeño comparado con su diámetro y en el que las paredes interiores y exteriores son esencialmente concéntricas.

3.98 Tubo de PVC rígido. Cilindro hueco sin costura, abierto en ambos extremos, fabricado a partir de un compuesto de PVC, exento de plastificantes.

3.99 Unión elástica. Unión por la cual un anillo elastomérico es comprimido en el espacio anular entre la campana y la espiga de tubos y/o accesorios.

3.100 Unión mecánica. Junta realizada usando medios o dispositivos mecánicos para obtener un sello resistente a la presión.

3.101 Unión por abocardado. Unión de tipo mecánico por compresión entre el terminal abocardado del tubo plástico y el accesorio especialmente diseñado.

3.102 Unión por adhesivo. Unión por la cual el adhesivo liga los componentes de tubería y/o accesorios.

3.103 Unión por bridas. Unión de tipo mecánico en la cual se usan tubos y/o accesorios embridados, empaques y pernos.

3.104 Unión por cemento solvente. Unión realizada con cemento solvente como medio de unión entre los componentes.

3.105 Unión por compresión. Junta mecánica realizada por compresión de los componentes, externo, interior o axialmente, para formar un sello de presión, entre el accesorio y la superficie del tubo.

3.106 Unión por empaque en compresión. Unión de tipo mecánico en la que se utiliza una tuerca de compresión o un collar de prensado que comprime el empaque para formar el sello.

3.107 Unión por enchufe fundido o por insertación fundida. Unión en la que las superficies de unión de los componentes son calentadas y la unión se hace por inserción de un componente en el otro.

3.108 Unión por mordazas. Unión de tipo mecánico que utiliza mordazas externas u otros procedimientos mecánicos, para formar un sello de presión entre el accesorio y la superficie exterior del tubo.

3.109 Unión roscada. Unión de tipo mecánico donde se utilizan tubos y accesorios filetados.

APENDICE Z.

Z.1 NORMAS A CONSULTAR.

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO.

ASTM-F-412-81. Standard definitions of terms relating to plastic piping systems. American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1981.

ISO/R 472-1969. Plastics. Definitions of terms International Organization for Standardization Ginebra 1969.

ISO/R 194-196. List of equivalent terms used in the plastics industry. International Organization for Standardization. Ginebra, 1969.

ISO 1043-1975. Symbols for terms relating to plastics. International Organization for Standardization. Ginebra 1975.

7.1.4. ARCHIVO FOTOGRÁFICO.

7.1.4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO.



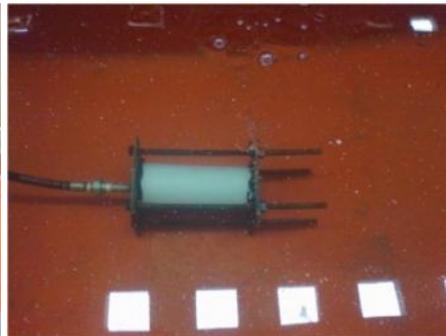
7.1.5. ENSAYO.

7.1.5.1. FLOTACION.





7.1.5.2. PRESION HIDROSTATICA INTERIOR SOSTENIDA.





INSTRUCTIVO DE PRÁCTICAS.

7.1.6. Instructivo de prácticas de flotación.

1. INTRODUCCION.

Flotación.

Un cuerpo que se encuentre en un agua, ya sea flotando o sumergido, es empujado hacia arriba por una fuerza igual al peso del agua desplazado.

La fuerza boyante (o flotante) actúa verticalmente hacia arriba a través del centroide del volumen desplazado y se le puede definir de manera matemática mediante el principio de Arquímedes, según lo presentamos a continuación:

$$F_b = f \times V_d$$

F_b = Fuerza boyante.

f = peso específico del agua.

V_d = Volumen desplazado del agua.

Con esto podemos decir que un barco flota ya que el empuje hacia arriba es igual al volumen de agua desalojada. Por ejemplo, un barco de hierro flota porque el casco está hueco y no importa que sea de hierro, madera, plástico etc. Influye únicamente el agua (agua en el caso de un barco) que es desplazado.

La parte del barco que recibe el empuje es la obra viva del barco, que corresponde a la parte activa del mismo, situada bajo la línea de flotación. Otra consecuencia de este principio es el hecho de que los barcos floten más en agua salada que en agua dulce, debido a que esta última tiene una densidad menor, por lo que el calado de los barcos en este caso será mayor.

Cuando un cuerpo flota libremente, desplaza un volumen suficiente de agua para equilibrar justo su propio peso.

El análisis de problemas que tratan sobre flotabilidad requiere la aplicación de la ecuación de equilibrio estático en la dirección vertical

$$F_v = 0.$$

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVOS GENERALES.

2.1.1. Estudiar el comportamiento de un cuerpo flotante de diferente densidad.

2.1.2. Llevar a la práctica lo aprendido acerca de flotación.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

2.2.1. Medir el ángulo de inclinación que experimenta el cuerpo flotante mediante el desplazamiento horizontal de pesas.

2.2.2. Obtener la diferencia entre un cuerpo en posición horizontal y un cuerpo en posición vertical.

2.2.3. Diferenciar el comportamiento de un cuerpo flotante en condiciones extremas (oleaje).

2.2.4. Analizar los resultados obtenidos.

3. MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.

3.1 Agua.

3.2. Bandeja de pruebas (posición horizontal), tanque de prueba (posición vertical).

3.3. Modelos en posición horizontal diferentes densidades.

3.4. Modelos en posición vertical diferentes densidades.

3.5. Aparato generador de olas.

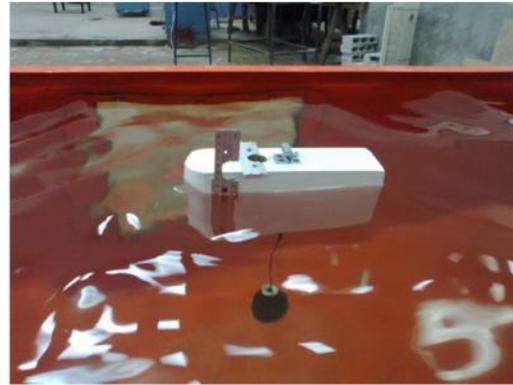
3.6. Regla ($A = \pm 0.1\text{mm}$).

3.7. Equipo metacéntrico.

3.8. Graduador ($A = \pm 1^\circ$).

4.- ESQUEMA DEL MODELO.





5. PROCEDIMIENTO.

5.1. PROCEDIMIENTO CON EQUILIBRIO ESTÁTICO.

5.1.1. POSICION HORIZONTAL: LAUREL.

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema:
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
4. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
6. Se repetirá además los numerales 3 y 4 para una distancia de 6,00cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 3.

5.1.2. POSICION VERTICAL: LAUREL.

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema:
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 7.
4. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
5. Repetir los numerales 3 y 4 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
6. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 7.

5.2. PROCEDIMIENTO EN CONDICIONES EXTREMAS (OLEAJE).

5.2.1. POSICION HORIZONTAL: LAUREL.

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema:
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Asegurarlo para que la corriente producida no lo arrastre y no se pueda tomar los datos deseados.
4. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado de la bandeja.
5. Mover la pesa del eje 0,5cm a la derecha del centro del modelo.
6. Tomar el ángulo formado por el hilo de la ploma y el mástil del modelo, la distancia en regleta que indica la plomada al inclinarse el modelo y el hundimiento del mismo.
7. Repetir los numerales 5 y 6 para una distancia de (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5) cm que indica la regleta paralela al eje de las pesas.
8. Se repetirá además los numerales 5 y 6 para una distancia de 5,40cm que de acuerdo al ensayo en la distancia que provoca que el modelo se vuelque.
9. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 6.

5.2.2. POSICION VERTICAL: LAUREL.

1. Armar el equipo de acuerdo al esquema:
2. Colocar el modelo en el agua.
3. Encender el generador de olas artificiales que se encuentra a un lado del tanque.
4. Adicionar los pesos en el porta masas en el orden indicado en la tablas 10.
5. Tomar el hundimiento que se indica en la regla colocada a un costado del modelo.
6. Repetir los numerales 4 y 5 hasta provocar el sumergimiento del modelo.
7. Anotar las lecturas correspondientes en la tabla 10.

POSICION VERTICAL

DATOS CON EQUILIBRIO ESTATICO

MASAS CALIBRADAS

A=W1=69,5gr

B=W2=69,5gr

C=W3=462,5gr

D=W4=438gr

E=W5=219gr

F=W6=217gr

I=W7=220gr

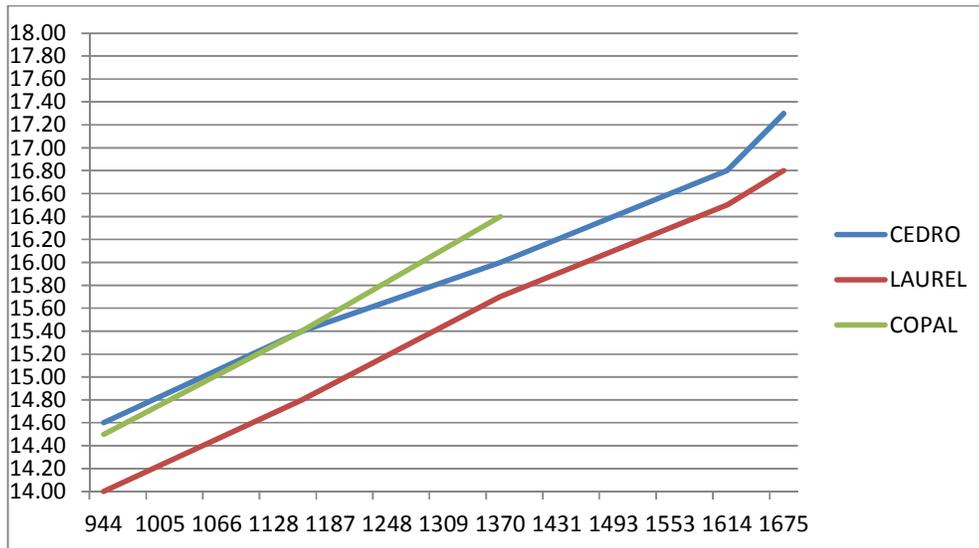
J=W8=73,5gr

K=W9=77gr

M=PORTA MASAS = 62gr

TABLA 7.

1° Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+C+D	14.60	14.00	14.50	962.50
2	M+C+D+E	15.40	14.80	15.40	1181.50
3	M+C+D+E+F	16.00	15.70	16.40	1398.50
4	M+C+D+E+F+I	16.80	16.50	SUM	1618.50
5	M+C+D+E+F+I+K	17.30	16.80		1695.50
6	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM		1769.00



DATOS EN CONDICIONES EXTREMAS (OLEAJE)

MASAS CALIBRADAS

A=W1=69,5gr

B=W2=69,5gr

C=W3=462, 5gr

D=W4=438gr

E=W5=219gr

F=W6=217gr

I=W7=220gr

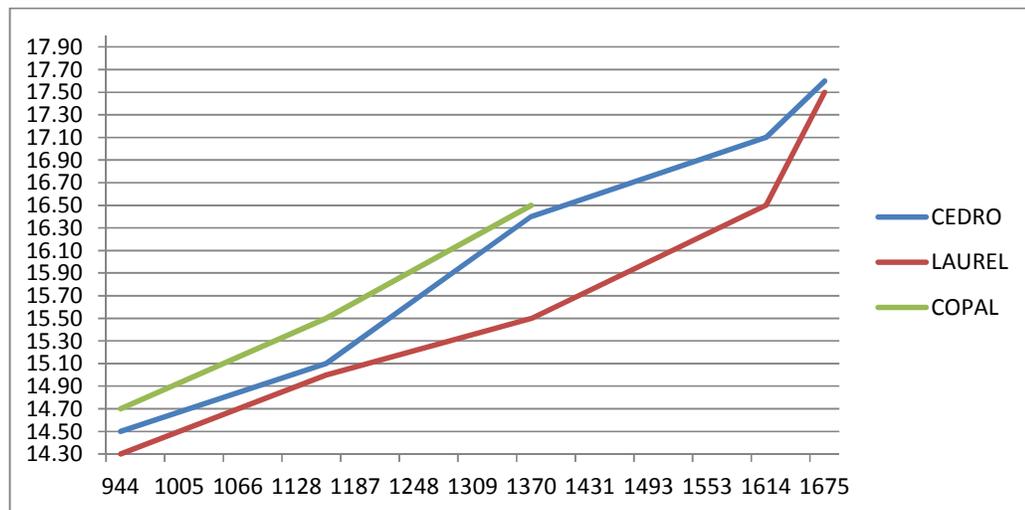
J=W8=73,5gr

K=W9=77gr

M=PORTA MASAS= 62gr

TABLA 10.

1° Lectura		CEDRO	LAUREL	COPAL	MASAS
1	M+C+D	14.50	14.30	14.70	962.50
2	M+C+D+E	15.10	15.00	15.50	1181.50
3	M+C+D+E+F	16.40	15.50	16.50	1398.50
4	M+C+D+E+F+I	17.10	16.50	SUM	1618.50
5	M+C+D+E+F+I+K	17.60	17.50		1695.50
6	M+C+D+E+F+I+K+J	SUM	SUM		1769.00



7. CÁLCULOS

Los cálculos y gráficos se los indica a continuación tomando en cuenta las siguiente formulas que se utilizaron en la elaboración de los mismos.

$$\text{calculado } (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

$$\text{vol} - \text{cal} (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

θ volcadura($^{\circ}$)=ángulo formado por el mástil y la cuerdo de la plomada, calculado con las lecturas tomadas.

D=lectura en cm tomada de la regla paralela al eje de las pesas móviles.

Longitud del mástil en cm

Θ vol.- cal ($^{\circ}$)=ángulo calculado que provoca la volcadura del modelo.

$$\text{calculado } (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

$$\text{calculado } (^{\circ}) = \arctan \frac{2.6}{40.8}$$

$$\text{calculado } (^{\circ}) = 3.65^{\circ}$$

$$\text{vol} - \text{cal} (^{\circ}) = \arctan \frac{D}{\text{longitud mastil}}$$

$$\text{vol} - \text{cal} (^{\circ}) = \arctan \frac{21.8}{40.8}$$

$$\text{vol} - \text{cal} (^{\circ}) \approx 28.12^{\circ}$$

$$m = \frac{Q \times b}{W \times \Delta \Phi}$$

m= altura metacéntrica

Q= pesa que corre perpendicularmente al mástil

b= desplazamiento de la pesa

W= magnitud del empuje

$\Delta \Phi$ = ángulo de inclinación en radianes.

$$m = \frac{Q \times b}{W \times \Delta \Phi}$$
$$m = \frac{960.5 \times 0.5}{19563.46 \times (2 \times 3.65)}$$

$$m = 0.19 \text{ cm.}$$

8. CONCLUSIONES.

- 8.1. El empuje es directamente proporcional a la altura del agua
- 8.2. Con esta practica pudimos comprobar el Principio de Arquímedes
- 8.3. Las lecturas de los ángulos variaron debido a la apreciación óptica
- 8.4. El hundimiento es directamente proporcional al peso aplicado
- 8.5. El ángulo de volcadura fue menor en condiciones extremas (oleaje)
- 8.6. Para el caso de cuerpos flotantes en posición vertical no se pudo determinar el ángulo metacéntrico ya que el peso del equipo metacéntrico combinado con el peso de dicho cuerpo supero el empuje del agua
- 8.7. La altura metacéntrica es mayor en condiciones de oleaje
- 8.8. La altura metacéntrica es directamente proporcional a la densidad del modelo
- 8.9. Al existir poca diferencia de densidades en los modelos, genero que el empuje se diferencie solo por el área en contacto

9. RECOMENDACIONES.

- 9.1. Se recomienda para los dos casos establecer correctamente los centros de gravedad.
- 9.2. Para el caso de cuerpos flotantes en posición vertical se recomienda añadir peso adicional para modificar el centro de masas para lograr que el cuerpo permanezca en la posición requerida para la practica
- 9.3. Es necesario medir lo más exacto y cuidadosamente los ángulos y el hundimiento para así obtener resultados que garanticen la buena realización de la practica
- 9.4. No está demás una segunda explicación acerca del correcto uso de los aparatos de laboratorio

- 9.5. Tomar nota de todo lo que sucede el momento de la practica
- 9.6. Siempre estar atento a lo que sucede en el laboratorio

7.1.7. Instructivo de prácticas Presión Hidrostática Interior Sostenida.

1.- INTRODUCCION.

Prueba de presión sostenida.

Este método consiste en exponer especímenes de prueba de tubería PVC a una constante presión interna, en un ambiente controlado. La prueba también sirve para determinar la falla de la tubería, cuando se mantiene bajo constante presión hidráulica.

El equipo necesario para realizar el ensayo consiste de un dispositivo capaz de aplicar un incremento de presión al espécimen de prueba y mantener esta presión durante cierto tiempo; por lo general se utiliza una bomba la cual debe estar conectada a un tanque o depósito de agua que mantenga el agua a una temperatura ambiente ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$), debe incluirse al equipo un manómetro de precisión. Se inicia la prueba obteniendo el espécimen, cortándolo de la tubería. Para tubería de 6pulgadas o menos, la longitud del espécimen debe ser equivalente a 5 veces el diámetro nominal del tubo, pero en todo caso no debe ser menor a 12 pulgadas (30cm). Para diámetros grandes, la longitud debe ser de 3 veces el diámetro exterior, pero no menor a 30 pulgadas (75cm).

Luego se deja enfriar a temperatura ambiente en el laboratorio ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y se procede a retirar la viruta de los extremos. Uno de estos extremos es cerrado totalmente utilizando un tapón. Al extremo sobrante se conectara el dispositivo de presión. Cuando se logra aislar herméticamente al espécimen se conecta la bomba de agua y se procede a incrementar la presión, hasta que se presente la falla.

Se consideran fallas:

Cualquier pérdida de presión con o sin la transmisión de agua a través del cuerpo del espécimen estando bajo prueba.

Aumento o expansión del espécimen de tubería, cuando esté sometido a presión interna.

Ruptura o grieta en la pared de la tubería con la inmediata pérdida del agua. Fugas en los extremos de la muestra, no se consideran fallas, sino la prueba se da por invalidada.

En cualquiera de los casos mencionados como falla, deberá someterse a evaluación el proceso y la formulación de la tubería que se esté produciendo. Este ensayo de control de calidad esta designado en la INEN bajo la norma 503.

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVOS GENERALES.

2.1.1. Estudiar el comportamiento de la tubería de PVC ante la presión hidrostática interna sostenida.

2.1.2. Llevar a la práctica lo aprendido acerca de presión hidrostática interna sostenida.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

2.2.1. Medir la resistencia de la probeta ante presión hidrostática interna sostenida.

2.2.2. Obtener la diferencia de resistencias obtenidas para los ensayos al ambiente y en un medio liquido.

2.2.3. Diferenciar el comportamiento de las probetas frente a las presiones aplicadas.

2.2.4. Determinar y analizar el tipo de falla que se presenta luego de aplicar la presión.

2.2.5. Encontrar la presión hidrostática interna máxima alcanzada antes de que la probeta falle.

2.2.6. Analizar los resultados obtenidos.

3. MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.

3. 1. **Sistema de presión.** Capaz de llegar gradualmente y sin fluctuaciones bruscas a la presión de prueba.

Características De La Bomba Manual De Pistón

- Cuerpo en hierro modelo 1.500 PSI
- Pistón de hierro
- Tanque en lámina y palanca en acero
- Manguera con sus acoples, tanque y manómetro (A±20PSI o A±2Kg/cm²).

- Presión de trabajo 1500 PSI
- Aplicaciones: Prueba de presión

3.2. **Cronometro.** Con graduaciones en horas, minutos y segundos de accionado automático.

3.3. **Tapas terminales de cierre.** Aptas para el fácil montaje de la probeta, que garantizan la estanqueidad del conjunto, permiten la expansión longitudinal de la probeta y que no causan falla de la misma.

3.4. **Soportes.** Permite colocar las probetas sin que ocurran deflexiones en las mismas y les dan libertad de movimiento circunferencial y longitudinal.

3.5. **Tanque de pruebas.** Tanque donde se sumerge el soporte con la probeta a ensayarse.

3.6. **Termómetro.** Permite garantizar que el ensayo se realice bajo términos que exigen la norma.

4.- ESQUEMA DEL DISPOSITIVO.



5.- PROCEDIMIENTO.

5.1. Determinar el espesor mínimo de pared en cada extremo de las probetas y el diámetro exterior promedio en los extremos y en la mitad de las mismas, de acuerdo al método de ensayo INEN 499 (anexos).

5.2. Limpiar las probetas y acoplar correctamente en sus extremos las tapas correspondientes, cuidando de no dañar la sección del tubo y asegurando su estanqueidad.

5.3. Acoplar cada probeta al sistema de presión, llenarla de agua, purgar el aire del sistema y sumergirla en el baño para su acondicionamiento.

5.4. Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme, hasta alcanzar la presión de ensayo, dentro de un lapso de 60 s, y mantenerla durante el tiempo especificado para el ensayo.

6.- TABLA DE VALORES.

ENSAYOS AL MEDIO AMBIENTE NORMAL

TUBERIA TIPO A:

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS**



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C					
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas					
ESPESOR DE PARED (mm):	1.80					
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,68Mpa.					
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.					
RESULTADO:	FALLA EN CUELLO Y ENSANCHAMIENTO					
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	2.75					
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	37.19					

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

ENSAYOS EN UN MEDIO LÍQUIDO.

TUBERIA TIPO A:

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS



PRESION HIDROSTATICA

FECHA: 5 DE MARZO DE 2012

PROYECTO: TESIS DE GRADO

SOLICITADO: TUTOR DE TESIS

MORMA: INEN 503

DIAMETRO PROMEDIO: 50mm

MUESTRAS ENSAYADAS: 3

TEMPERATURA DE ENSAYO:	21,0° C
TIEMPO DE ENSAYO:	1,00 Horas
ESPESOR DE PARED (mm):	1,80
PRESION DE ENSAYO (mínima):	2,88Mpa.
LONGITUD DE LA MUESTRA:	0,30 m.

RESULTADO:	FALLA EN CUELLO
PRESION MAXIMA ALCANZADA(Mpa):	3,02
ESFUERZO TANGENCIAL INDUCIDO:	40,94

NOTA: La presión máxima se limita por falla de los empaques del banco de pruebas.

7. CÁLCULOS

Calcular el esfuerzo tangencial inducido (sp) en el material de la probeta ensayada mediante la fórmula siguiente:

$$sp = \frac{P}{2} \times \frac{D}{e} - 1$$

Donde:

sp = esfuerzo tangencial inducido (MPa).

P = presión interna de ensayo (MPa).

D = diámetro exterior promedio (mm).

e = espesor mínimo de pared (mm).

$$sp = \frac{2.75}{2} \times \frac{50}{1.80} - 1$$

$$sp = 37.19 \text{ Mpa}$$

8. CONCLUSIONES.

- 8.1. El espesor de la pared de un tubo de PVC es directamente proporcional al diámetro exterior del mismo.
- 8.2. Con esta práctica pudimos comprobar el ensayo de presión hidrostática sostenida en tuberías plásticas.
- 8.3. Las lecturas de las presiones variaron debido a la apreciación óptica.
- 8.4. Las fallas en las probetas ensayadas fueron variadas, siendo la más común la falla por hinchamiento.
- 8.5. La presión máxima alcanzada en un medio líquido en tuberías de 50mm fue mayor a la conseguida en los ensayos al ambiente en un porcentaje de hasta un 10%.
- 8.6. La presión máxima alcanzada en un medio líquido en tuberías de 75mm fue mayor a la conseguida en los ensayos al ambiente en un porcentaje de hasta un 11.59%.
- 8.7. Para las tuberías de 110mm no se presentó ninguna diferencia, debido tal vez a la falla de los empaques.
- 8.8. La presión máxima alcanzada es inversamente proporcional al diámetro de la tubería.

- 8.9. Las presiones máximas alcanzadas fueron mayores en las tuberías del tipo A.
- 8.10. La inducción de presión en las tuberías en un medio líquido fue en un menor tiempo que las ensayadas al ambiente, debido a la presión en medio que se realiza.

9. RECOMENDACIONES.

- 9.1. Se recomienda para los dos casos asegurar hermeticidad en las probetas a ensayarse.
- 9.2. La inducción de presión en las muestras debe ser constante para todo el ensayo.
- 9.3. Se recomienda usar un manómetro con arrastre de aguja.
- 9.4. Se recomienda realizar los ensayos dentro del tanque para evitar accidentes al momento de llevar a cabo dicho ensayo por seguridad.
- 9.5. La muestra, al ajustar los tornillos de la capsula no debe presentar deformación alguna.
- 9.6. No está demás una segunda explicación acerca del correcto uso de los aparatos de laboratorio.
- 9.7. Tomar nota de todo lo que sucede el momento de la práctica.
- 9.8. Siempre estar atento a lo que sucede en el laboratorio.