



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL 2DO. TEMA  
DE LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA  
BÁSICA, HIDROSTÁTICA”**

**T E S I S  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA CIVIL**

**P R E S E N T A:**

**DULCE MAY CISNEROS PERALTA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. HÉCTOR GARCÍA Y GUTIÉRREZ**

**MÉXICO, D. F. 2004**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/194/2001

Señorita  
DULCE MARÍA CISNEROS PERALTA  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. HECTOR GARCIA Y GUTIERREZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tema de **trabajo escrito** de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL TEMA HIDROSTÁTICA DE LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA BÁSICA".**

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
  - II. PROBLEMÁTICA
  - III. MARCO TEÓRICO
  - IV. METODOLOGÍA
  - V. ANÁLISIS DE RESULTADOS
  - VI. MATERIAL DIDÁCTICO PROPUESTO
  - VII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 21 noviembre 2001.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Dulce María Cisneros Peralta

FECHA: 27 febrero de 2004

FIRMA: Dulce María Cisneros Peralta



*Dedicatoria y agradecimientos:*

*Madre, siempre ha sido amiga, maestra y guía. Gracias por tu paciencia, dedicación y tu modelaje como mujer, te debo la vida.*

*A mi hermano quien piensa con el corazón y tiene una nobleza gigante. Confío en verte muy pronto realizar tus metas. Gracias por ser hermano y tener fe en mi.*

*A mi padre a quien extraño y amo.*

*A mi director de tesis, quién ha tenido una paciencia infinita. Le agradezco su tiempo dedicación y cariño como un segundo padre.*

*A mis profesoras y profesores, de quienes he disfrutado su amistad al igual que sus clases.*

*A mis amigas y amigos, que afortunadamente son muchos.*

*Y por último a los alumnos y alumnas de esta facultad, espero que este trabajo sirva para ahorrar angustias.*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES.....	3
II. PROBLEMÁTICA	
II.1. Estadísticas de aprovechamiento de la materia de Hidráulica Básica en los últimos 6 años. ....	7
II.2. Dificultades para la enseñanza-aprendizaje de la Hidrostática. ....	8
III. MARCO TEÓRICO	
III.1. Evaluación diagnóstica.....	11
III.2. Corriente pedagógica para la enseñanza de la ingeniería.....	20
III.3. Orientaciones para el diseño del material didáctico.....	28
IV. METODOLOGÍA	
IV.1. Exploración previa .....	31
IV.2. Cuestionarios de exploración previa para alumnos y profesores.....	31
IV.2.1. Análisis, resumen e interpretación de resultados.....	33
IV.3. Examen diagnóstico	
IV.3.1. Elaboración del examen diagnóstico.....	36
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
V.1. Análisis de los problemas conceptuales detectados en el examen de diagnóstico.....	46
VI. MATERIAL DIDÁCTICO PROPUESTO	
VI.1. Diseño de actividades para llevar al alumno a la construcción de los conceptos claves.....	65
VI.2. Actividades de autoevaluación.....	109
VII. CONCLUSIONES .....	114
VIII. ANEXOS.....	117
IX. BIBLIOGRAFÍA	



Ella vuela, nada, bucea, bebe,  
camina, respira, salta, reptar, empapa,  
canta, suda, murmura, abraza, ruge, juega,  
brilla, mira, espejea  
y besa...y si la miras te mira...,pero, sobre  
todo, nunca comienza  
y nunca termina.

Al hacer coincidir muerte y nacimiento no  
sólo alivia tu sed, sino  
ante todo la del tiempo. Porque nada puede  
el paso del tiempo contra  
su eterna juventud.

Joaquín Aráujo



## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo es una composición de una investigación de tipo exploratorio que fundamenta al material didáctico que se propone aquí para apoyar, tanto el aprendizaje de los estudiantes como el trabajo de los profesores. Dicho material fue elaborado con la finalidad de que se logre un mayor aprovechamiento académico en el tema de hidrostática de la asignatura de Hidráulica Básica.

En el apartado de los antecedentes expongo el resumen de una revisión de la situación curricular de la asignatura de acuerdo con el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Civil de 1994.

En el siguiente capítulo abordo la problemática del aprovechamiento de la asignatura en los años del 1996 al 2002 que excluyen la huelga estudiantil de 1999 debido a los muchos movimientos y cambios en las calificaciones e inscripciones que sucedieron en ese periodo, y que por lo tanto no se consideran representativos del trabajo normal en la enseñanza de nuestra Facultad. Aquí se encuentran la reseña de las dificultades de enseñanza-aprendizaje de la hidrostática, que están relacionadas con la consistencia en el manejo de los sistemas de unidades de medida, la insuficiencia de tiempo para cubrir los contenidos del programa de la asignatura de Hidráulica Básica, así como las deficiencias académicas de matemáticas y física de los estudiantes que cursan la asignatura.

En el tercer capítulo desarrollo el marco teórico que fundamentan, tanto la investigación diagnóstica como el material didáctico propuesto. Los conceptos teóricos versan sobre la manera de investigar el aprovechamiento escolar con exámenes diagnósticos de conocimientos, corrientes y orientaciones pedagógicas de la enseñanza y de la evaluación del conocimiento.

El capítulo cuatro describe la metodología y detalla los pasos que realicé para llevar a cabo la investigación y la elaboración, tanto de los materiales didácticos como del examen diagnóstico, su aplicación y análisis de resultados. En esta parte quedó incluida la exploración previa, que incluye una encuesta de opinión de profesores y alumnos, cuyo

análisis sirvió de base para la elaboración del examen diagnóstico de conocimientos y definir el contenido de los materiales didácticos.

El quinto capítulo muestra los resultados y el análisis obtenidos en la aplicación del examen de diagnóstico. Con las respuestas de los estudiantes se realizó un análisis detallado de las confusiones conceptuales que se reflejaron en la resolución de la prueba. Aparecen las estadísticas de los resultados generales del examen de diagnóstico aplicado a 8 grupos de estudiantes del área de hidráulica. Contiene una discusión sobre los resultados de los exámenes que incluye la pregunta, el objetivo de la pregunta, las respuestas más frecuentes de los estudiantes y también considera las preguntas que formularon los estudiantes acerca de la pregunta misma para responder en el examen. En este capítulo se concentran los hallazgos sobre las conceptualizaciones incompletas, erróneas o confusas que los estudiantes poseen acerca de los temas básicos de física relacionados con la hidráulica, y la relación que estas concepciones guardan con el uso de los diferentes sistemas de unidades de medida utilizados en la ingeniería.

En el sexto capítulo se encuentra el material didáctico propuesto. Contiene de las actividades diseñadas para la construcción de conceptos claves como densidad específica, presión, uso de sistemas de unidades, por citar algunos. Tiene problemas resueltos paso a paso y guía al estudiante, a través de preguntas que lo conducen a la construcción del concepto y, por último, presenta a los estudiantes los problemas a resolver por su cuenta con la correspondiente parte de autoevaluación.

Las conclusiones conforman el último capítulo. En él se resumen los hallazgos más importantes de este trabajo de investigación y propuesta didáctica.



A spiral notebook binding is visible on the left side of the page, consisting of a series of metal rings.

# I. ANTECEDENTES

## I. ANTECEDENTES

El estudio de la Hidráulica, como una rama de la Ingeniería, se ha hecho indispensable dadas las necesidades que el ser humano posee. Es preciso disponer de agua para satisfacer necesidades básicas corporales y domésticas; o para su utilización como vía de transporte (marítimo o fluvial y en muchas ocasiones de desechos); su importancia en la irrigación de cultivos; su aprovechamiento como generadora de energía, o la necesidad de obras de defensa contra inundaciones. Por estas y otras razones el/la Ingeniero(a) Civil tiene la obligación de estudiar dicha rama de la Ingeniería.

Dentro del plan de estudios vigente<sup>1</sup> de la carrera de Ingeniero Civil existe un área dedicada al estudio de la Hidráulica, las asignaturas obligatorias que se imparten son las siguientes: Hidráulica Básica, Hidráulica de Canales, Hidráulica de Máquinas y Transitorios, Hidrología y Obras Hidráulicas.

Así pues la Hidráulica Básica es el primer contacto que el alumno tiene con esta área y por ello se hace indispensable que los conocimientos que adquiera en esta primera asignatura, queden integrados como parte de la estructura conceptual que el alumno construirá a lo largo de la carrera.

A continuación se muestra una parte del programa de la asignatura.

### **Programa de la asignatura: HIDRÁULICA BÁSICA**

Clave: 1402          Núm. de créditos: 09

Carrera: INGENIERO CIVIL

Duración del curso:

Semanas: 16.0  
Horas: 72.0

Semestre: 5o

Horas a la semana:

Teoría: 4.5          Obligatoria: SI

---

<sup>1</sup> Tomando como referencia el plan de estudios aprobado por el Consejo Técnico en 1994.

## OBJETIVO DEL CURSO

El alumno analizará los problemas de líquidos en reposo y de flujo permanente en estructuras hidráulicas sencillas y en redes de tuberías.

<b>TEMAS</b>		
<b>Núm.:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Horas:</b>
I.	PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS	3.0
II.	HIDROSTÁTICA	10.5
III.	CINEMÁTICA DE LOS LÍQUIDOS	3.0
IV.	DINÁMICA DE LOS LÍQUIDOS	18.0
V.	SIMILITUD HIDRÁULICA	4.5
VI.	PERDIDAS DE ENERGÍA EN CONDUCTOS A PRESIÓN	4.5
VII.	ANÁLISIS HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE TUBOS	19.5
VIII.	ORIFICIOS, COMPUERTAS Y VERTEDORES	9.0
<b>TOTAL DE HORAS</b>		<b>72.0</b>

Dado que el temario cubre varios temas de la Hidráulica Básica, el punto de interés de este trabajo se centra en un tema de esta asignatura, a saber el tema *II. Hidrostática*. El cual consta del siguiente objetivo y subtemas:

## II. HIDROSTÁTICA

### ANTECEDENTES:

Estática

### OBJETIVO:

El alumno calculará la fuerza que ejerce un líquido en reposo sobre una superficie.

### CONTENIDO:

- II.1 Ley de Pascal.
- II.2 Presiones absoluta y relativa. Dispositivos para medir la presión.
- II.3 Empuje hidrostático sobre superficies planas y curvas.
- II.4 Principio de Arquímedes.
- II.5 Elementos de flotación.

En planes de estudio anteriores<sup>2</sup> se daban sugerencias al profesor para impartir la asignatura, ejemplo:

## TEMA DE HIDROSTÁTICA

### III. 1. Distribución de la presión. Ley fundamental de la hidrostática.

Una vez definida la presión, con base en las Ecuaciones Estáticas de Euler, presentar como es la distribución de presiones en un líquido en reposo. Haciendo la integración de las ecuaciones anteriores plantear la Ley de Pascal, indicando lo que representa cada uno de sus términos.

### III.2 Presión absoluta y presión relativa. Medición de la presión.

Definir con base al origen de referencia de los dos tipos de presiones, aclarando los conceptos de presiones manométricas positivas y negativas. Presentar sus unidades más comunes y los valores que se usan en la práctica para el agua y el aire. Exponer los medidores de presión más usuales con sus principios de medición, aproximación y casos de aplicación.

### III.3. Fuerza resultante ejercida por líquidos en reposo sobre superficies planas y punto de aplicación.

Presentar las metodologías de cálculo para conocer la fuerza resultante del empuje hidrostático en superficies planas, en magnitud, dirección y punto de aplicación. Completar el cálculo anterior con el análisis estático de fuerzas que actúan en estructuras relacionadas con líquidos en reposo.

---

<sup>2</sup> Esta referencia está tomada del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Civil aprobado por el Consejo Técnico el 30 de agosto de 1990.



III.4. Fuerza resultante ejercida por líquidos en reposo sobre superficies curvas y punto de aplicación.

Semejante al subtema anterior, pero con enfoque a superficies curvas.

III.5 Principios de flotación.

Planear el Principio de Arquímedes para el cálculo de la fuerza de flotación con su punto de aplicación. Con base en las fuerzas que intervienen en el equilibrio de un cuerpo en flotación, plantear la forma de conocer la estabilidad del mismo. Realizar diseños simples de elementos en flotación.

En los siguientes capítulos hablaré con más detalle de la problemática que existe para la enseñanza-aprendizaje de este tema en especial y de una forma de abordar y medir el aprovechamiento de los alumnos.



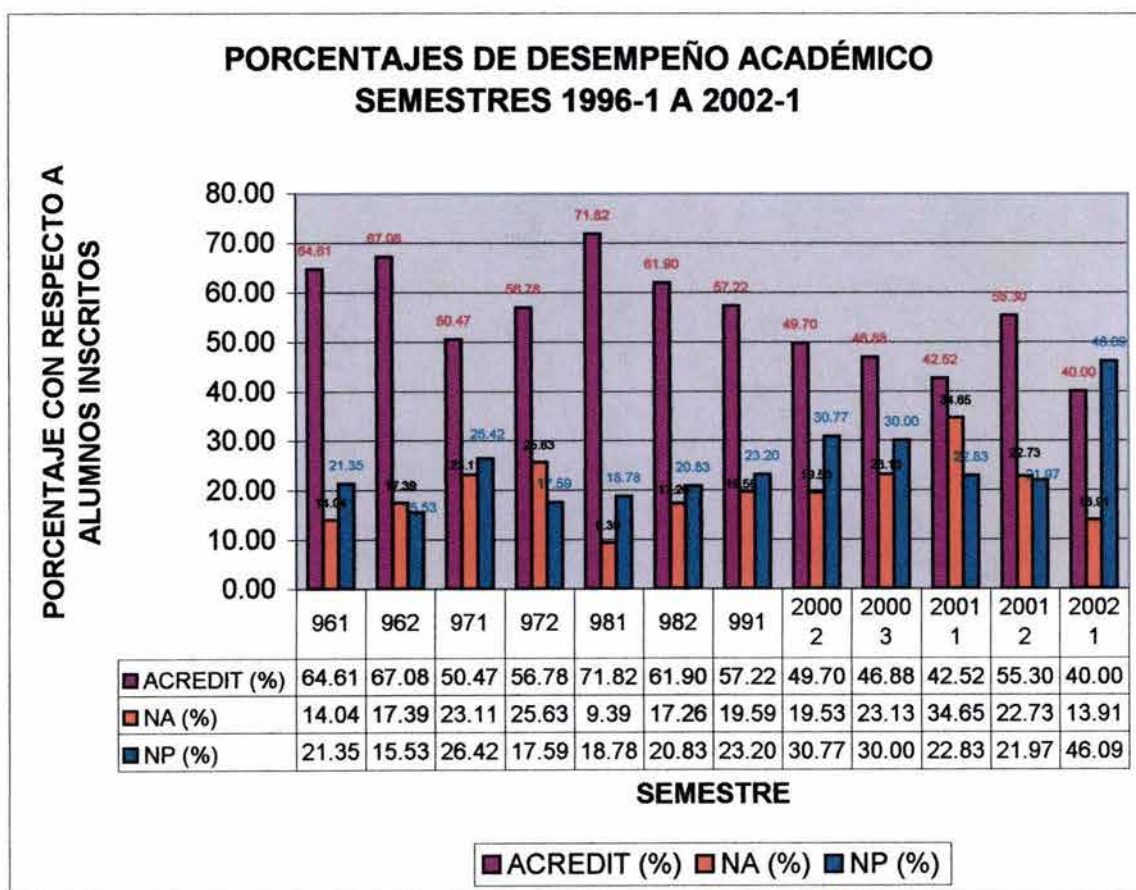
## II. PROBLEMÁTICA

## II. PROBLEMÁTICA

### II.1. Estadísticas de aprovechamiento de la materia de Hidráulica Básica en los últimos 6 años.

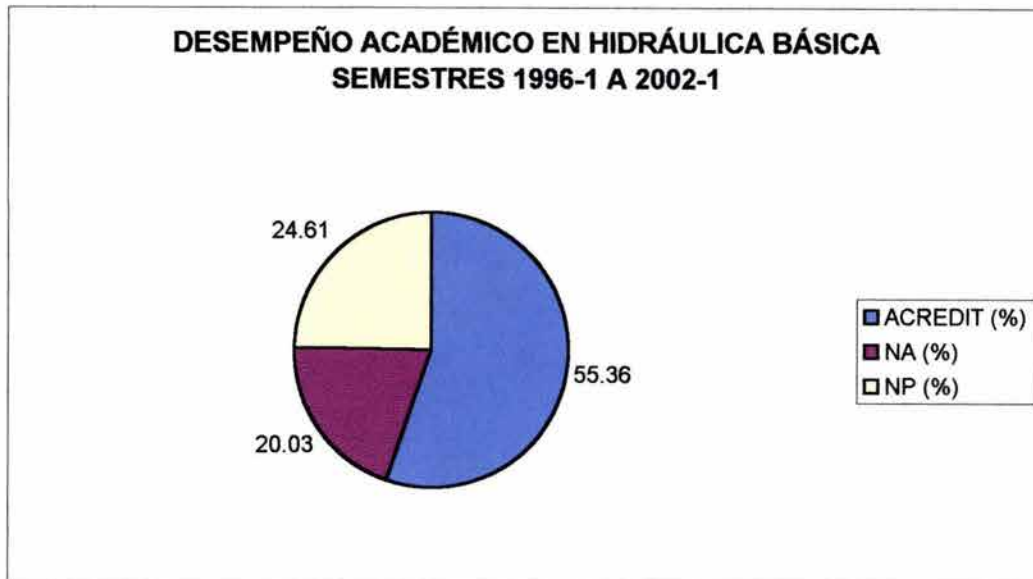
Para comprender con mayor amplitud la problemática en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta asignatura, es conveniente observar su comportamiento a través de 6 años.

Las gráficas e información que se presentan a continuación, corresponden a los semestres 96-1, 96-2, 97-1, 97-2, 98-1, 98-2, 99-1, 00-2, 00-3, 01-2, 01-2 y 02-1. Se omitieron los semestres 99-2 y 00-1, por pertenecer al periodo de la huelga y porque en estos periodos hubo muchos movimientos y cambios en las calificaciones e inscripciones, por lo tanto no se consideran representativos.<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Información proporcionada por el Ing. Roberto Carvajal. Jefe del Departamento de Hidráulica.

Si hacemos un resumen general, es decir, un promedio del desempeño académico de los años 1996-2002 podemos observar lo siguiente:



El 46.64% de los alumnos no acredita la materia, ya sea por no poseer los conocimientos mínimos (20.03%) o por abandono (24.61%). El porcentaje de acreditados (55.36%), presenta una calificación promedio de 7.54.

En comparación con otras asignaturas correspondientes al plan de estudios, y contando únicamente las materias de Ciencias de la Ingeniería, Hidráulica Básica es una de las asignaturas con más alto índice de reprobación. Es por esta razón que se hace necesario revisar con más detalle, las dificultades que se presentan en su enseñanza y aprendizaje.

## II.2. Dificultades para la enseñanza-aprendizaje de la Hidrostática.

Como ya se comentó anteriormente, la asignatura de Hidráulica Básica es una de las primeras asignaturas del área de Hidráulica. En muchas ocasiones es el primer contacto que el alumno tiene con esta área, por lo cual, gran parte de los contenidos del temario son totalmente nuevos para el(la) alumno(a).



Si hablamos en particular del tema de Hidrostática podríamos plantear las siguientes dificultades, tanto para el profesor como para el(la) alumno(a):

ALUMNO	PROFESOR
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hábitos de pensamiento establecidos, como por ejemplo: el uso de mecanizaciones, es decir no se busca comprender el problema, sino aplicar una fórmula.</li> <li>➤ Confusión en el uso de los sistemas de unidades, ya que en Ciencias Básicas, se enseña con el Sistema Internacional de Unidades, y en ésta asignatura y otras más, se usan el Sistema Técnico y el Sistema Inglés.</li> <li>➤ Confusión con los conceptos previos de estática, como ejemplo: no distinguen la diferencia entre un vector y un escalar.</li> <li>➤ No existe el suficiente entrenamiento para visualizar espacialmente los volúmenes implicados en los problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No conoce, al inicio del semestre cuáles son las deficiencias en los conceptos previos que sus alumnos poseen, por tanto, sólo hasta que aplica el primer examen pude tener acceso a esta información. Para ese entonces ya es tarde y, si se regresa a explicar y repasar las dudas se atrasa en los siguientes temas.</li> <li>➤ Existe, de manera general, la carencia del tiempo para atender puntualmente a cada alumno(a).</li> </ul>

Las listas anteriores no pretenden ser exhaustivas, pueden existir otras dificultades que no se han mencionado. Para conocer mejor las causas de las dificultades que los alumnos presentan en el aprendizaje del tema de hidrostática en la carrera de Ingeniería Civil, este trabajo de tesis tiene como una de sus partes, el diseño y aplicación de un examen de diagnóstico para obtener información en dos niveles:

- ❖ Conocer el perfil de conocimientos básicos de física y estática con que cuentan los estudiantes y que son prerrequisitos para aprender hidráulica y en específico hidrostática.
- ❖ Saber, al final del curso de hidráulica, cuánto de lo enseñado fue aprovechado por los estudiantes, esto es, medir el grado de conocimientos que los estudiantes adquirieron en el tema de hidrostática.

Con base en los resultados del diagnóstico, me propongo diseñar un material didáctico para apoyar tanto a los profesores que imparten la asignatura de Hidráulica Básica, como a los alumnos que la estén cursando o que sientan la necesidad reforzar sus conocimientos en el tema de hidrostática.

Dicho material didáctico estará diseñado con respecto al plan de estudios del curso, será un recurso que se ajuste a las expectativas institucionales en cuanto al logro de los objetivos y contenidos y que a la vez considere las características en dominios y habilidades reales de los estudiantes.



A spiral-bound notebook with a dark grey cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The text "III. MARCO TEÓRICO" is printed in the center of the page.

# III. MARCO TEÓRICO

## III. MARCO TEÓRICO

### III.1 Evaluación diagnóstica

El propósito de este trabajo obliga a explicitar la concepción teórica sobre los siguientes aspectos fundamentales:

1. Evaluación del aprendizaje.
2. Utilidad que puede extraerse de la evaluación.
3. La evaluación como un proceso científico de investigación.
4. Las pruebas objetivas.
5. Las pruebas de opción múltiple y su elaboración.
6. Las pruebas con preguntas abiertas y su interpretación.

#### *1. Evaluación del aprendizaje*

Para comprender en su más amplio sentido el significado que se dará al término evaluación del aprendizaje en este trabajo, será conveniente analizar una serie de ideas previas sobre el complejo que da existencia a este proceso: la educación.

“Entendemos por educación un proceso sistemático destinado a lograr cambios duraderos y positivos en las conductas de los sujetos sometidos a su influencia, con base en objetivos definidos de modo concreto y preciso, dignos de ser alcanzados por los educandos y promovidos por los responsables de su formación”<sup>1</sup>.

De acuerdo con esta definición entenderemos el aprendizaje como los cambios en el dominio de los contenidos logrados después de un período de enseñanza por los estudiantes, independientemente de la metodología de enseñanza y de la orientación pedagógica de los cursos<sup>2\*</sup>.

Todo proceso educacional se constituye con las siguientes etapas:

---

<sup>1</sup> Lafourcade, p. 19.

<sup>2</sup> Cfr. Tyler, R. p. 105

\* Esta concepción no se contrapone con las corrientes de los cognitivistas, entre las que se encuentran el constructivismo y de manera más general el cambio conceptual.

1. Establecimiento de las metas a lograr.
2. Ordenamiento de la estrategia metodológica.
3. Ejecución de las actividades propuestas para el aprendizaje.
4. Evaluación.
5. Reajuste.

En caso de que alguna de estas etapas llegara a faltar, no se podría pensar que el acto educativo se ha realizado por completo.

Para efectos de este trabajo, la evaluación será entendida como una etapa del proceso educacional cuya finalidad es la de comprobar, de manera sistemática, en qué medida se han logrado los resultados previstos en los objetivos que se han especificado con antelación<sup>3</sup>.

## ***2. Utilidad que puede extraerse de la evaluación***

Además de que puede ser utilizada como una actividad de aprendizaje, la evaluación permite:

- a) Conocer qué objetivos fijados en un programa educacional se han cumplido.
- b) Analizar las causas que pudieran haber motivado deficiencias en el logro de las metas propuestas.
- c) Adoptar decisiones con respecto a las causas en que concurrieron al logro parcial de los objetivos previstos.

## ***3. La evaluación como proceso científico de investigación***

Un producto para la evaluación, tal como el que se propone en este trabajo, alcanzará su máxima efectividad si se toman en consideración las siguientes proposiciones:

- a) La aplicación de nuevas técnicas o el mejoramiento de las que ya se conocen, debe realizarse sobre la base de una permanente actitud científica.

---

<sup>3</sup> Lafourcade, *op cit.* p. 21.

- b) La actitud científica del docente, referida a la incorporación o reajuste de técnicas y procedimientos de medición y evaluación dentro del proceso educacional, le permitirá advertir que:
- la evaluación es un medio y no un fin,
  - la evaluación carece de técnicas y procedimientos infalibles
  - para asegurar categóricamente la efectividad de un proceso de evaluación, hay que demostrarlo estadísticamente.
- c) La dirección de una institución, en donde los docentes deben coordinar sus esfuerzos.
- d) Un sistema escolar debe disponer de personal especializado en la tarea de la evaluación.

#### ***4. Las pruebas objetivas***

Las pruebas objetivas son aquellas que están constituidas por reactivos cuya respuesta no deja lugar a dudas sobre su corrección o incorrección, independientemente de quién califique. En ellas se presenta al estudiante una base estructurada a la que deberá dar una única respuesta correcta. Pueden emplearse para fines diagnósticos, formativos y sumarios y ser tipificadas, es decir, elaboradas por especialistas, siguiendo una serie de requisitos técnicos establecidos.<sup>4</sup> De estas pruebas objetivas me refiero a las de opción múltiple, ya que parte de éstas se encuentran contenidas en el examen diagnóstico.

---

<sup>4</sup> Santos Rochín, p. 53.



## ***5. Las pruebas de opción múltiple y su elaboración***

Están constituidas en su forma clásica por un enunciado incompleto o una pregunta (cuerpo del reactivo) y varias posibles respuestas (opciones) entre las cuales una contesta correctamente al enunciado o pregunta inicial. Por medio de este tipo de reactivos se puede indagar el conocimiento de definiciones, propósitos, causas, efectos, asociaciones, reconocimiento de errores, reordenación, identificación de tipos de errores, diferencias, semejanzas, principios comunes y ejecución de algoritmos. También se pueden proponer asuntos de discusión y emitir juicios sobre aspectos aprendidos.

Para orientarnos en la medición de la dificultad intelectual de la pregunta, podemos apoyarnos en la taxonomía de la NCTM<sup>5</sup> que usan los profesores de matemáticas en sus exámenes. De acuerdo con esta taxonomía, en el caso de las pruebas objetivas de opción múltiple pueden medirse, habilidades intelectuales hasta los niveles de aplicación y análisis.

### ***5.1 Planeación de una prueba objetiva de rendimiento escolar***

Los pasos recomendados para planear una prueba objetiva son los siguientes:

1. Especificar los objetivos de aprendizaje de la unidad o curso.
2. Seleccionar los objetivos de aprendizaje que puedan ser evaluados mediante una prueba objetiva.
3. Determinar el número de reactivos que contendrá la prueba.
4. Asignar importancia relativa a cada uno de los contenidos.
5. Transformar cada porcentaje en el número de reactivos que le corresponde en la prueba.
6. Asignar el número de reactivos a cada contenido.
7. Redactar los reactivos de la prueba<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> NCTM National Council Teacher of Mathematics por sus siglas en inglés es una asociación de maestros de matemáticas donde se discuten y publican muchos acuerdos con respecto a su enseñanza y tiene gran peso en la orientación de los profesores en todo el mundo.



## 5.2 Características que deben cumplir las pruebas objetivas

Cualquier tipo de prueba que tenga como finalidad medir los resultados del aprendizaje debe contener una serie de características que den cuenta de su nivel de calidad para cumplir con eficiencia la función para la que ha sido destinado. Según Ebel, las características que debe reunir una prueba de rendimiento<sup>7</sup> son: confiabilidad, validez, objetividad, dificultad, discriminación, representatividad, especificidad, eficiencia, adecuación a lo enseñado y al tiempo previsto.

**Confiabilidad:** Se dice que las puntuaciones de una prueba son confiables cuando, aplicada la misma en distintas oportunidades, produce resultados aproximadamente similares. Es pues, una estimación del grado de consistencia o constancia en repetidas mediciones efectuadas a los sujetos con el mismo instrumento<sup>8</sup>,

Algunos factores que aumentan o limitan la confiabilidad de un instrumento son:

- a) El número de reactivos incluidos.
- b) El grado de homogeneidad de los elementos.
- c) El grado de discriminación de los ítems.
- d) El grado de dificultad de la prueba.
- e) La homogeneidad del grupo examinado.
- f) La objetividad de las puntuaciones.

**Validez:** Es la precisión con que una prueba mide el conocimiento o habilidad especificada en el objetivo sometido a comprobación<sup>9</sup>.

Para garantizar la validez de contenido, deberá determinarse con claridad el contenido temático, la respuesta que lo manifiesta y el instrumento que lo comprobará.

---

<sup>6</sup> Cfr. Santos Rochín, *Op. Cit* p 61.

<sup>7</sup> Ebel, p. 352-354

<sup>8</sup> Wrightstone, p. 47.

<sup>9</sup> Lafourcade, p. 189.

**Objetividad:** Una prueba es objetiva cuando se le asigna una puntuación que es independiente del que debe juzgarla<sup>10</sup>.

**Dificultad:** Una prueba que posea una dificultad media es superior a otra que carezca de esta característica. Esto significa que un buen examen será aquel que sea superado por algo más de la mitad de los examinados. La oscilación de la media informa si una prueba ha sido fácil o difícil (en este caso, la media será menor<sup>11</sup>).

**Discriminación:** Si una prueba separa convenientemente a los examinados en diversos niveles de rendimiento, se puede asegurar que es una prueba que posee excelente índice de discriminación.

**Representatividad:** Una prueba es representativa, cuando posee un equilibrio entre los diferentes objetivos que se quieren evaluar. Deberá cuidarse también que los reactivos impliquen diferentes capacidades intelectuales de acuerdo con la taxonomía para el dominio cognoscitivo que se esté empleando<sup>12</sup>.

#### NIVELES DE CONOCIMIENTO EN LA TAXONOMÍA NCTM

Nivel de conocimiento de la terminología: en este nivel del dominio cognitivo, se mide el conocimiento sobre hechos específicos, principios y generalizaciones.

Nivel de comprensión: este nivel taxonómico se refiere a lo que el alumno sabe sobre la metodología y la interpretación de situaciones o fenómenos redactados en forma de problemas.

Nivel de aplicación: en este nivel se miden la habilidad para la ejecución de algoritmos, planteamiento de problemas mediante la traducción simbólica, interpretación de estructuras simbólicas complejas.

---

<sup>10</sup> *Ibid.* P. 191

<sup>11</sup> *Ibidem*

<sup>12</sup> Para este trabajo, utilizamos la taxonomía del NLSTM simplificada.

Nivel de Análisis: Es uno de los niveles de habilidad intelectual más alto y se refiere a la capacidad de interpretación y elaboración de un plan o conjunto de operaciones, análisis de relaciones y evaluación de una situación en función de criterios internos.

***Adecuación a lo estrictamente enseñado:*** Una prueba deberá apearse a lo estrictamente enseñado en clase, se deben evitar las preguntas sobre contenidos tratados superficialmente o que se confiaron a la responsabilidad del alumno. La prueba deberá versar sobre los contenidos y conductas básicas que han recibido el mayor esfuerzo de enseñanza-aprendizaje<sup>13</sup>.

***Adecuación al tiempo estipulado:*** Una prueba debe adecuarse al tiempo para el que se planeó. Se considera bien planeada con respecto al tiempo, si logra resolverla en ese lapso el 90% de los examinados.

#### ***6. Las pruebas con preguntas abiertas y su interpretación***

Otros cuestionarios están constituidos por una serie de preguntas más abiertas en las que se plantea al estudiante una situación o problema al que debía dar una solución o respuesta. Las preguntas se apoyan, en algunos casos, por dibujos, gráficas, recortes de periódicos, etc. También se puede pedir a los alumnos que realicen ensayos, gráficas, exposiciones y carteles. En los cuestionarios abiertos se usa una serie de preguntas, a menudo generales, donde se pide a los estudiantes que expresen sus ideas (es decir, que cuenten sus creencias o pensamientos) o que realicen algún dibujo sobre el tema tratado, como por ejemplo, cuando se les pide que den una representación gráfica de las presiones manométricas, atmosféricas y absolutas.

Hasta ahora me he referido al uso del cuestionario como instrumento de detección de representaciones de los estudiantes, sin embargo, de mucha utilidad fue su empleo de forma combinada con otras técnicas de registro, como la entrevista y la observación directa, ya

---

<sup>13</sup> Lafourcade, *Op. Cit.* p 194.



que cada una de ellas se prestó más a la obtención de datos más detallados en cuanto a la auto-evaluación del alumno de su propio proceso de aprendizaje.

Realicé una serie de entrevistas con algunos estudiantes, cuyos datos sirvieron para construir, en un segundo momento, un cuestionario sobre el tema. Si bien, esta es una buena recomendación cuando nuestros fines son exclusivamente de tipo investigativo, no lo es cuando pretendemos conocer las concepciones de los alumnos (160 o más alumnos) antes de comenzar un tema, ya que hacer esto mismo con cada uno, en cada unidad del programa, es una tarea físicamente imposible.

La combinación de cuestionario y entrevista resultó muy útil para fines de este trabajo: una vez diseñado un cuestionario exploratorio que, aplicado de forma sencilla, me permitió obtener información de algunos alumnos encuestados, me resultó relativamente más sencillo escoger el tipo de preguntas para el examen diagnóstico de hidrostática.

## LA ENTREVISTA

Utilicé la entrevista de la misma forma en que la definieron Gerzog y Posner<sup>14</sup>, es decir, como una conversación dirigida a un propósito. Esta técnica se presenta como una de las más adecuadas para explorar qué es lo que conocen los alumnos.

La entrevista me permitió indagar más, no sólo sobre la extensión y profundidad de un cierto conocimiento concreto en el alumno, identificando sus concepciones más relevantes, los conceptos que más utiliza, las relaciones entre esos conceptos, sino que además pude obtener una muestra de cómo es el razonamiento del entrevistado durante la conversación. Esto aportó mucha información desde la primera vez que pretendí conocer con mayor detalle y rigor metodológico, las ideas de los estudiantes.

---

<sup>14</sup> Gerzog y Posner, 1982.



Para la exploración de representaciones utilicé varios tipos de entrevistas. Dado que algunos cuestionarios fueron de formato estructurado donde las preguntas para los estudiantes estaban elaboradas de antemano, lo que las vuelve de estructura cerrada y tienen la desventaja de que prácticamente no hay flexibilidad para que el alumno se exprese de muy diversas maneras, esto es, las respuestas están muy dirigidas, razón por la cual sólo se pueden apreciar algunos aspectos de las concepciones (representaciones mentales) de los encuestados. (Ver cuestionario de exploración)

La entrevista también me sirvió para mejorar el examen diagnóstico. Si en vez de administrarlo al colectivo de la clase conjuntamente, se hace en una entrevista individual con algunos alumnos —lo que permite utilizar el examen diagnóstico de una manera más flexible para adaptarse a cada caso particular—se puede observar qué tan cercana o alejada del pensamiento de los muchachos estuvo al elaborar las opciones para las respuestas. A este respecto un comentario de algunos alumnos fue que les gustó el examen diagnóstico, pues las preguntas estaban bien elaboradas.

### III.2 Corriente pedagógica para la enseñanza de la ingeniería.

#### CORRIENTES PEDAGÓGICAS QUE ORIENTAN ESTE TRABAJO

Como el proceso de enseñanza-aprendizaje es muy complejo y existen varias formas de abordar los temas a enseñar, no es posible comprometerme con una sola corriente pedagógica, ya que las orientaciones de este trabajo coinciden con varias de ellas. Me sucede lo que dicen Gutiérrez y otros con respecto al diseño didáctico y la planeación pedagógica, lo cito aquí:

"Burkhardt considera que el conductismo, constructivismo y teorías de desarrollo que, aunque proponen estructuras para comprender los fenómenos, no son completos en su dominio limitado, y por tanto, deben ser usados a sabiendas de que se presentan sin mecanismos establecidos para su integración fiable en modo predictivo"<sup>15</sup>.

Hay que tener claro que en este proceso intervienen el alumno, los contenidos y el profesor. Los medios que se emplean para que el primero logre apropiarse de los contenidos deben considerar o asumir diferentes papeles, según la modalidad que el profesor haya planeado con base en las orientaciones de la pedagogía, la psicología, la didáctica y las teorías del aprendizaje en las que fundamenta su trabajo de enseñanza, buscando optimizar contenidos, objetivos y tiempo.

Dada la variedad de corrientes para el aprendizaje, trataré de centrar mi atención en las que considero las más importantes y las que utilicé para la elaboración del material didáctico que propongo. No obstante esta variedad, hay convergencias<sup>16</sup> como las que siguen:

- Un estudiante motivado aprende mejor que el que no lo está.
- Aprender motivado por el éxito es preferible a aprender motivado por el fracaso.
- La participación activa es preferible a la recepción pasiva.
- Se aprende con más disponibilidad cuando el material y las tareas son significativas...

En el material propuesto atendemos estas recomendaciones de la siguiente manera:

---

<sup>15</sup> Gutiérrez *et al*, 1991, p. 111.

<sup>16</sup> Gutiérrez, *et al*, Op. Cit, p 76, (en Lankford, 1969, 24° *Yearbook NCTM* , p.406).

- Usando problemas cercanos a su realidad.
- Las actividades tienen un grado de dificultad adecuado para evitar el fracaso.

Son puntos en los que también estamos de acuerdo así como en otros que señalaré con detalle más adelante.

## **El Constructivismo**

Se dice que la enseñanza impartida con esta orientación logra aprendizajes más duraderos, pues los alumnos construyen su propio conocimiento. Sin embargo, el término puede prestarse a diversas interpretaciones, como ocurrió en un seminario en España, del cual comenta Gómez-Granell y Coll (1994) que tanto se hablaba de constructivismo, inclusive se daba como marco de referencia de todo, que varios de los participantes terminaron por confundirse y no tener claro cuáles son las ideas principales que están presentes en un aprendizaje constructivista; señalaron, además, que "No hay que hablar tanto de constructivismo, sino de propuestas concretas para mejorar la práctica en el aula..."<sup>17</sup>.

Dejemos claro, que la concepción constructivista se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

1. El alumno es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o se construye) los conocimientos de su grupo cultural. Es realmente activo incluso cuando escucha o lee la exposición de los otros.
2. La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya poseen un grado diverso de elaboración. Esto significa que el estudiante no tiene que descubrir o inventar el conocimiento; en buena medida, encontrará cierta parte de los contenidos curriculares ya elaborados y definidos en su mente y su tarea consistirá en reestructurarlos para hacerlos significativos, es decir, para apropiárselos.
3. La función del docente es conectar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente organizado... no se limitará a crear las condiciones óptimas para que el alumno despliegue una actividad constructivista, sino que además

---

<sup>17</sup> C. Gómez-Granell y C. Coll, (1994), pp 8-10.



su labor debe extenderse a orientar y guiar, explícita y deliberadamente, dicha actividad.<sup>18</sup>

El constructivismo dicen Díaz Barriga y colaboradores, "...postula la existencia y prevalencia de procesos activos en la construcción del conocimiento: habla de un sujeto cognitivo aportante (*sic*), que claramente rebasa a través de su labor constructiva lo que le ofrece su entorno"<sup>19</sup>.

Esta construcción se hace a partir de *conocimientos previos*, que el profesor o el material deben tener presentes, para lograr que el alumno establezca esa conexión y pueda involucrarse mejor con la situación presentada, para la construcción propia de su conocimiento.

*El material didáctico que propongo hace del alumno el actor principal, pues es él quien desarrolla las actividades, partiendo de cosas conocidas, por ejempl, o propongo un problema donde les pido que se imaginen en una alberca y que comenten cómo se sienten cuando se sumergen en ella. Después les presento un problema sobre un buzo y resuelvo el problema paso a paso.*

*Se pretende que el alumno use y "construya" en su mente lo que la presión significa para que él y que después formalice este concepto.*

Este camino debe propiciar en el alumno aprendizajes significativos, entendidos éstos, como la existencia de vínculos no arbitrarios y substanciales entre el material a aprender y los conocimientos previos. Si el estudiante consigue hacer esto, según Coll "...si lo integra en su estructura cognitiva, será capaz de atribuirle unos significados, de *construirse* una representación o modelo mental del mismo"<sup>20</sup>.

Las condiciones que debe de cumplir el aprendizaje, para que sea significativo según lo señala Coll son: **a)** que en primer lugar el contenido debe ser potencialmente significativo, tanto desde el punto de vista de su estructura interna, llamada *significatividad lógica*, lo cual exige que el material de aprendizaje sea relevante y tenga una organización clara; y **b)** que tenga la posibilidad de asimilarlo, lo que se conoce como *significatividad psicológica*,

---

<sup>18</sup> D. Peralta, (1998), p. 69 .

<sup>19</sup> Díaz Barriga *et al* 1998, p. 14.

<sup>20</sup> C Coll, (1990) p. 443.



que requiere la existencia, en la estructura cognitiva del alumno, de elementos pertinentes y relacionables con el material de aprendizaje. En segundo lugar, el alumno debe tener una *disposición favorable* para aprender *significativamente*; es decir, debe estar motivado para relacionar el nuevo material de *aprendizaje* con lo que ya sabe<sup>21</sup>.

*Esa motivación la manejamos a partir de problemas cotidianos, que involucren por ejemplo, recortes de periódico, prácticas de laboratorio, etc. planteando situaciones en las que se podría involucrar al estudiante.*

Estas condiciones son necesarias para construir nuevos significados, no sólo por motivación, sino porque el *alumno* lo necesita para lograr un cambio en los esquemas de conocimiento a partir de la introducción de nuevos elementos y una reestructuración de su saber actual. El estudiante obtiene, dentro de este proceso de aprendizaje, ventajas como el poder relacionar los conocimientos y recordarlos con mayor facilidad, modificaciones en su actitud frente al aprendizaje y sus momentos difíciles, capacidad para visualizar sus perspectivas y mejorar sus expectativas.

Respecto de la planeación de una enseñanza orientada al logro de aprendizajes significativos, Solé señala como una ventaja más, la posibilidad de entender y comprender, más profundamente, una situación de enseñanza, él afirma que:

"La perspectiva del aprendizaje significativo contribuye, más que a precisar la etiología de los desajustes, a comprender lo que ocurre en la situación de enseñanza, y puede por tanto ofrecer pistas para modificarla en el sentido de dar respuesta a las necesidades que presenta un alumno en particular"<sup>22</sup>.

De modo que, si un profesor identifica dificultades de aprendizaje en un alumno, puede proponer alternativas para subsanarlas. Y el material puede ayudar a hacer más eficiente el trabajo en el aula, ya que permite atender a los alumnos que tengan más dificultades mientras los demás están trabajando.

---

<sup>21</sup> Coll, Op. Cit, p. 444.

<sup>22</sup> I. Solé, (1990), p. 67.

## Aprendizaje por descubrimiento

Puede haber diferentes puntos de vista de cómo entender un aprendizaje y cuál de ellos pueda ser el mejor, los enfoques modernos al respecto concuerdan en que los estudiantes pueden mejorar si tienen la posibilidad de manipular, trabajar y hacer cosas nuevas, diferentes o conocidas, con eso que el profesor quiere que aprenda. "En este enfoque no se presentan de entrada los conceptos y principios esenciales, sino que se estimula al estudiante para que los busque y encuentre por sí mismo, es la actividad intelectual y física humana el método"<sup>23</sup>. El alumno descubrirá el conocimiento a partir de preguntas y actividades que le permitan conformar su aprendizaje. El papel entonces, del profesor o del material didáctico será el de dirigir y apoyar estas actividades y en caso de desvíos, señalar alternativas para volver al camino correcto.

*Por ejemplo, el alumno descubre que el cálculo de empujes hidrostáticos se utiliza no sólo en hidráulica, sino en otras asignaturas como mecánica de suelos, en el diseño de un terraplén (estructura que sostiene el terreno de una ladera), entre otras aplicaciones.*

Katona realizó una investigación para evaluar estos procedimientos y Logroño menciona algunas de las conclusiones obtenidas en el trabajo de Katona:

" a) Los aprendizajes significativos perduraban más tiempo en la memoria (cuantitativo) y son (*sic*) más fácilmente transferibles a nuevas situaciones (cualitativo), que los memorísticos.

b) Los alumnos y alumnas que habían descubierto por sí mismos las reglas y las habían expresado en sus propios términos, tenían mayor facilidad para reconstruir las soluciones después de un espacio amplio de tiempo"<sup>24</sup>.

El material didáctico, aquí propuesto, pretende contextualizar algunas situaciones, procedimientos y conceptos, para que el alumno logre un aprendizaje significativo de la resolución de problemas hidrostáticos a partir de una situación resuelta por los diferentes métodos (de prisma de presiones y componentes). Con una adecuada interpretación de los

---

<sup>23</sup> M. Fregoso, siguiendo a Bruner, 1995, p. 23.

resultados obtenidos. Además para facilitar ese descubrimiento en el material se plantean preguntas como: *¿Qué principio estás aplicando aquí? ¿Recuerdas la definición de Momento? ¿A qué atribuyes que los valores no sean exactamente iguales? ¿Qué método te pareció más sencillo para resolver este problema y por qué?*

Si hablamos de aprendizaje por descubrimiento, tenemos que referirnos a la teoría ausubeliana, señalando primero sobre lo que significa aprender dentro de esta corriente. Díaz Barriga lo explica así: "Ausubel como otros cognitivistas, postula que el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva"<sup>25</sup>. De esta manera, la actividad es la piedra angular del aprendizaje y el ser pensante requiere procesar, organizar, analizar y aplicar información a conceptos o procedimientos nuevos, mediante un proceso de transferencia. Para aplicar la transferencia de conocimientos en la elaboración del material, tomamos la sugerencia de Gutiérrez R. y colaboradores: "... se diseña la secuencia de instrucciones descomponiendo lo que se vislumbra como una destreza compleja en partes subordinadas para jerarquizar la presentación, para graduarla en orden de dificultad"<sup>26</sup>.

De modo que, por ejemplo, prestamos mucha atención a la forma en que planteamos un problema, los pasos que seguimos para su resolución, el sistema de unidades que estamos empleando y el manejo de las mismas dentro del problema.

---

<sup>24</sup> Logroño, (1995), p. 13.

<sup>25</sup> Díaz Barriga, (1998), p.18.

<sup>26</sup> Gutiérrez, *Op. Cit.* P. 67.



## Resolución de Problemas

Para darle un contexto a los nuevos conocimientos en hidráulica, específicamente hidrostática, los introducimos a partir de problemas empleando los principios que plantea Polya<sup>27</sup> (1965), de las cuatro fases que permiten resolver un problema:

1. Comprender el problema. Saber cuál es la incógnita o incógnitas, los datos y si son suficientes y no contradictorios.
2. Concebir un plan. Pensar por analogía en problemas similares que tengan la misma incógnita, que sean más sencillos o más generales y que ya se hayan resuelto. Es decir basarse en la experiencia y en conocimientos previos para elaborar un plan.
3. Ejecución del Plan. Saber a grosso modo lo que se tiene que hacer, ejecutar cada uno de los pasos y sobre todo verificar que sean correctos.
4. Visión Retrospectiva. No consiste solamente en la sustitución de los valores de las incógnitas, sino además si estas cumplen las condiciones del problema y si el método empleado se puede usar en otros problemas y sobre todo convencer al alumno de que ha hecho las cosas bien.

Cabe aclarar que en el material estos pasos no están señalados, pero en mucho se conserva el espíritu que muestra Polya, que es cuestionar lo más que se pueda, para que el alumno construya o descubra su propio conocimiento y esté capacitado para emplearlo en otras situaciones.

*Por ejemplo, en el problema de la compuerta radial se plantean observaciones y preguntas que le permiten entenderlo.*

Dado que Polya sólo se refirió a las incógnitas *in abstracto*, he considerado el manejo del sistema de unidades internacional como un elemento adicional que incluyo en el material. Las unidades son atributo, tanto de las incógnitas como de los datos. Pietzsch se refiere a estos elementos como referentes que pueden ayudar a comprender mejor el problema y dice al respecto: "La mayoría de los datos presentados en el problema son cantidades de magnitud, que pueden representarse en forma de *números y unidades de medida*.... Por ello

---

<sup>27</sup> Polya (1965).



Un análisis adicional sobre las unidades de medida correspondientes de las

propuesto que hace referencia a la Ley de Pascal, la fuerza aplicada en el  
enta con unidades del sistema Internacional (newtons) y en unidades del  
(lb), también se dan las áreas respectivas a cada pistón en  $\text{mm}^2$  y  $\text{in}^2$ . Se pide  
calcule la presión en diferentes unidades.

ene claro en qué unidades se mide la incógnita, podrá relacionarlo mejor con  
condiciones del problema y, además, la solución tendrá más sentido para él,  
e busca.

ción de varios problemas que propuse en el material, que se resuelven  
con el estudiante. Para evitar diversas interpretaciones, tanto del problema  
edimiento, en mis observaciones, he encontrado lo mismo que Campos,

versos estudios sobre estrategias de resolución de problemas de estudiantes  
e notado que no todos los alumnos interpretan el enunciado de un problema  
la misma manera....El problema es que cada interpretación genera una  
solución<sup>n29</sup>.

s problemas de manera conjunta, no sólo evitamos las interpretaciones  
además propiciamos que el alumno logre adquirir los conocimientos que se  
ñar.

---

1982, p. 73.

99, p.51.

### III.3 Orientaciones para el diseño del material didáctico.

#### **Elementos Didácticos para el desarrollo del Material**

Con base en las consideraciones anteriores de las diferentes orientaciones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y dando prioridad al logro de aprendizajes significativos, propongo este material, que considera además algunas ideas adicionales de diversos autores para poder conseguir este tipo de apropiación del conocimiento. Por ejemplo, Aebli sugiere orientar al estudiante como sigue:

- "- Señalar lo esencial mediante sucintos comentarios.
- Dividir en partes las totalidades complejas y denominarlas.
- Que vaya diciéndose a sí mismo aquello que ha de ir haciendo cuando realice la secuencia"<sup>30</sup>.

La pretensión es involucrar al alumno, para que logre asimilar o construir su conocimiento. Sabiendo de antemano que él es el único que puede hacerlo, "nadie puede aprender por otro". Para propiciar que el estudiante trabaje en ello, es necesario dotar al contenido a estudiar de un significado adecuado para quien lo trabaja, como lo señala Bruer: la única forma de hacer que la hidráulica tenga significado es relacionando en la enseñanza los conocimientos conceptuales con las habilidades procesuales<sup>31</sup>.

Como ejemplo: para dar confianza al alumno partimos de la descomposición del empuje en componentes una horizontal y otra vertical, como en estática. Para encontrar la resultante se procede a ser la suma algebraica de los cuadrados de las componentes y por último se procede a extraer la raíz de dicha suma. El alumno ya está familiarizado con los sistemas de fuerzas y cómo resolverlos. Si no fuese así el desglosar los pasos es una forma de enseñarlo nuevamente.

Además pretendemos que el alumno interiorice estos procedimientos, para lograrlo, consideramos las etapas que señala Aebli:

1<sup>ra</sup> Al terminar la actividad se realiza una consideración retrospectiva de la tarea.

---

<sup>30</sup> H. Aebli, 1995, p.6.

<sup>31</sup> J. Bruer, 1995, p.100.

2ª El alumno imagina el curso de la acción.

3ª Él debe ser capaz de reproducir las acciones<sup>32</sup>.

El manejo de la codificación simbólica mostrará que el alumno interioriza y por tanto también automatiza el proceso.

La acción y la práctica harán que el alumno aprenda resolviendo preguntas, llenando espacios en blanco y tratando de escribir con sus palabras el procedimiento que él ya ha hecho, propicia además que el estudiante se formule preguntas.

Usamos la motivación con preguntas para buscar que el estudiante recuerde conocimientos útiles, despertar en él, intenciones correctas que le permitan reorganizar sus conocimientos y dar cabida a los nuevos para poderlos aplicar en los momentos adecuados.

### **Diseño del Material Didáctico**

La intención de realizar un material que enseñe cómo resolver problemas de empujes en superficies planas y curvas, surgió de la necesidad de cubrir este tema de forma adecuada para que el alumno lo pueda asimilar, tomando en consideración dos cosas: una es la completa novedad del tema para él o ella y la otra proviene de los datos que la UNESCO aporta acerca de las formas más frecuentes que los humanos utilizamos para aprender:

" Las personas asimilan el 80% de todos los conocimientos sobre material impreso. Además, el 70% de las personas pertenecen al tipo del aprendizaje visual —otros tipos son el auditivo y el motor—, ya que estas asimilan mejor el saber «a través de la vista» que «a través del oído» o mediante la escritura al dictar<sup>33</sup>.

Con la ayuda del material el alumno podrá construir, explicar, deducir y ejercitar, lo referente a problemas de hidrostática.

Para la introducción de algunos contenidos hidráulicos en el material, se plantean algunos problemas que permiten contextualizarlos y acercarlos a los estudiantes. Se da énfasis a los conocimientos claves que permiten una mejor comprensión de los temas, por ejemplo, el manejo del sistema de unidades, así como la descomposición del empuje en componentes.

---

<sup>32</sup> H. Aebli, p.175.



Más adelante se señalan actividades que reafirman la existencia y aplicación de éstos y otros conceptos.

La estructura que di al material es dinámica, pues se mezcla información, con ejercicios conducidos y conectados con preguntas que el alumno tiene que responder. Los procedimientos se adquieren sobre la marcha, pues está dosificado entre preguntas, ejercicios y comentarios. En diversas ocasiones, con la intención de llegar al nivel de análisis y síntesis de lo aprendido, pedí al alumno que describa con sus propias palabras los procedimientos, pues creo importante esta actividad para un mejor aprendizaje.

El material contesta y detalla los procedimientos después de haberle preguntado al estudiante su versión al respecto, esto es así para lograr dos cosas, una es la lectura activa del estudiante y la otra, es que el propio alumno pueda contrastar sus respuestas con las que se dan, todo esto hace que se obtengan las siguientes ventajas:

- 1.El estudiante puede verificar sus respuestas.
- 2.El material deja completamente explicados los procedimientos que pregunta.
- 3.El profesor en su clase podrá atender mejor los ejercicios de abstracción y síntesis tan importantes en la construcción y apropiación del conocimiento.
- 4.Brindar una atención personalizada a los alumnos con dificultades o deficiencias.

---

<sup>33</sup> Ver Pietzsch *et al* 1982, p.237.



A spiral-bound notebook with a dark grey cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The text "IV. METODOLOGÍA" is printed in the center of the page.

# IV. METODOLOGÍA

## **IV. METODOLOGÍA**

### **IV.1. EXPLORACIÓN PREVIA**

Realicé y apliqué un cuestionario de exploración previa en 3 grupos donde se imparte la materia de Hidráulica Básica. Con el objeto de indagar las dificultades que presenta dicha asignatura para su aprendizaje, por parte de los estudiantes y en su enseñanza por parte de los profesores.

Los grupos muestreados pertenecen al semestre 2000-1.

### **IV.2 CUESTIONARIOS DE EXPLORACIÓN PREVIA PARA ALUMNOS Y PROFESORES**

Diseñé dos tipos de cuestionarios con preguntas abiertas tanto para los alumnos como para los profesores. A continuación se presentan ambos cuestionarios y se anexan tres ejemplares de ellos contestados por alumnos y profesores encuestados.

#### **CUESTIONARIO DE EXPLORACIÓN PARA LOS PROFESORES SOBRE LA UNIDAD 2 (HIDROSTÁTICA) DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA BÁSICA**

El objetivo de este cuestionario es indagar las dificultades de aprendizaje, que presenta esta asignatura, por parte de los estudiantes y los obstáculos para su enseñanza por parte de los profesores.

Por lo tanto solicito a usted de la manera más atenta, que responda a las preguntas siguientes con las cuales realizaré la primera etapa exploratoria para desarrollar mi trabajo de tesis.

1. ¿Estima Usted que el tiempo indicado en el programa, para impartir este tema es suficiente?
2. ¿Qué tiempo emplea Usted para impartir el tema?
3. ¿En qué concepto(s) empleó más tiempo y cuáles fueron las dificultades para su enseñanza?

Por su colaboración muchas gracias.  
Atte. Dulce Ma. Cisneros Peralta

**CUESTIONARIO DE EXPLORACIÓN PARA LOS ALUMNOS SOBRE LA  
UNIDAD 2 (HIDROSTÁTICA) DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE  
HIDRÁULICA BÁSICA**

El objetivo de este cuestionario es indagar las dificultades que presenta esta asignatura en su aprendizaje, por parte de los estudiantes y en su enseñanza por parte de los profesores.

Por lo tanto solicito de la manera más atenta, respondas a las preguntas siguientes :

1. ¿Consideras importante el tema de Hidrostática? ¿Por qué?
2. ¿Qué objetivo(s) se cumplieron para ti como estudiante en este tema?
3. De este tema, ¿qué conceptos no te quedaron claros?
4. ¿Qué sugieres para que esos conceptos te sean claros?
5. ¿Estás reinscrito(a) en Hidráulica Básica, ya sea como oyente o recursador(a)?  
SÍ            NO
6. ¿Te reinscribiste en Estática o la cursaste como oyente?  
SÍ            NO

Por tu colaboración muchas gracias.  
Atte. Dulce Ma. Cisneros Peralta



## IV.2.1 Análisis, resumen e interpretación de resultados

### RESUMEN DE LOS CUESTIONARIOS DE EXPLORACIÓN

Apliqué 36 cuestionarios de exploración en 3 grupos diferentes de Hidráulica Básica, en el periodo 2000-2. El resultado de estos cuestionarios se presenta a continuación.

<b>1. ¿Consideras importante el tema de Hidrostática? ¿Por qué?<sup>1</sup></b>	
<i>RESPUESTAS MÁS FRECUENTES</i>	<i># DE ALUMNOS QUE COINCIDEN</i>
Es base de toda la Hidráulica	10
Sí, para nuestra formación como Ingenieros	8
Para el diseño de estructuras hidráulicas	7
Para conocer la fuerza que ejerce el agua y su distribución sobre las superficies	7
Entender fenómenos complicados relacionados con la hidráulica.	3
Para conocer los recursos hidráulicos y cómo hacer uso de ellos	2
Para entender fenómenos asociados a la mecánica de suelos	1
Para comprender como se comportaban los fluidos en movimiento y aprender cuando están estáticos.	1

<b>¿Qué objetivo(s) se cumplieron para ti como estudiante en este tema?</b>	
<i>RESPUESTAS MÁS FRECUENTES</i>	<i># DE ALUMNOS QUE COINCIDEN</i>
Entender el comportamiento del agua en estado estático	8
Presión sobre superficies planas	8
Presión sobre superficies curvas	7
Comprender lo básico de hidráulica	5
Punto de aplicación del empuje hidrostático	5
Resolver problemas de compuertas	3
Recordar conceptos de termodinámica y estática	1
Conversión de unidades de presión	1

<sup>1</sup> Algunos alumnos contestaron más de una respuesta, por eso es que aparecen varias de ellas.

<b>¿De este tema qué conceptos no te quedaron claros?</b>	
<i>RESPUESTAS MÁS FRECUENTES</i>	<i># DE ALUMNOS QUE COINCIDEN</i>
Calcular el empuje hidrostático en superficies curvas	9
Centros de aplicación del empuje	3
Flotación (principio de Arquímedes)	2
Componentes del empuje (vertical y horizontal)	2
Prismas de presiones, con distintos líquidos	2
Cuando existen tensiones	1
Transformación de unidades	1
Uso de piezómetros para medir la presión	1

<b>¿Qué sugieres para que esos conceptos te sean claros?</b>	
<i>RESPUESTAS MÁS FRECUENTES</i>	<i># DE ALUMNOS QUE COINCIDEN</i>
Más ejercicios (prácticas)	14
Ejemplos más sencillos de superficies curvas	3
Ejemplos más complejos explicados (reales)	1
Repaso de momentos de inercia	1
Distinción entre temas	1
Repaso a conceptos de transformación de unidades y piezómetros	1
Más tiempo para ver los temas.	1
Estudiar más como estudiante	1

<b>¿Estás reinscrito(a) en Hidráulica Básica, ya sea como oyente o recursador(a)?</b>	
<b>SÍ</b>	<b>NO</b>
22 (61.11%)	13 (38.89%)

<b>¿Te reinscribiste en Estática o la cursaste como oyente?</b>	
<b>SÍ</b>	<b>NO</b>
16(44.44%)	20(66.66%)

## RESUMEN DE LOS CUESTIONARIOS DE EXPLORACIÓN PARA LOS PROFESORES

1. ¿Estima Usted que el tiempo indicado en el programa, para impartir este tema es suficiente?

Los tres profesores que contestaron a esta pregunta, dijeron que el tiempo no es suficiente y que depende de la calidad del alumno.

2. ¿Qué tiempo emplea Usted para impartir el tema?

Dos profesores tardan 3 semanas

La otra profesora se tarda 14 clases más el examen, finalmente serían 5 semanas.

El programa asigna a este tema 10.5 hrs. Que vendrían siendo 7 clases, o lo que es lo mismo 2 semanas y 1 clase más.

3. ¿En qué concepto(s) empleó más tiempo y cuáles fueron las dificultades para su enseñanza?

CONCEPTOS	DIFICULTAD
Empuje total	Faltan conocimientos de Matemáticas, Estática y Mecánica.
Centro de presiones	
Prisma de presión	
Empujes verticales	
Empujes en superficies curvas	
Cálculo de volúmenes virtuales	Existe confusión con el volumen que hay por debajo de la compuerta.



## IV.3 EXAMEN DIAGNÓSTICO

### IV.3.1 Elaboración del examen diagnóstico

#### *Características del examen*

Este examen mide algunos conocimientos básicos de física, y estática, que son prerequisites para cursar con éxito las asignaturas de hidráulica y en específico el tema de hidrostática en la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería. Es también un instrumento de doble propósito, ya que será aplicado tanto a estudiantes que estén cursando la materia de Hidráulica Básica, como a otros alumnos que se encuentran cursando asignaturas posteriores a ésta en el área de Hidráulica (Hidráulica de Máquinas y Transitorios, Hidráulica de Canales y Obras Hidráulicas).

Después de aplicar el examen a los primeros 4 grupos se hizo necesaria una modificación del instrumento para poder obtener una medición más fina, por lo cual existen dos versiones del examen diagnóstico.

Para su elaboración se procedió de la siguiente manera:

- ❖ se revisaron los programas oficiales de Hidráulica básica y Estática para la carrera de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería (Plan 1994).
- ❖ se seleccionaron los objetivos específicos básicos sobre Hidráulica y Estática que se pueden medir con reactivos de opción múltiple.
- ❖ los reactivos que componen el examen se elaboraron con base en ejemplos de libros de hidráulica<sup>2</sup>
- ❖ se seleccionaron los contenidos temáticos que resultaron ser prerequisites indispensables para abordar los contenidos del programa de Hidráulica Básica del Plan de estudios 1994.

El examen consta de veintidós preguntas, de las cuales seis preguntas son de opción múltiple (cinco opciones); nueve preguntas son problemas que el alumno debe desarrollar; dos son representaciones gráficas que el alumno debe elaborar y las cinco restantes son preguntas cerradas. Los contenidos de hidrostática seleccionados que lo componen son:

- Concepto de Presión
- Densidad relativa o gravedad específica
- Sistemas de Unidades (Técnico, Internacional y otros)
- Peso específico
- Presión absoluta
- Presión manométrica o relativa
- Presión atmosférica
- Empuje Hidrostático

---

<sup>2</sup> Ver bibliografía.

- Principio de Arquímedes
- Ley de Pascal

Los reactivos de este examen miden, en su mayoría, conductas que corresponden a los niveles taxonómicos<sup>3</sup> de:

- conocimiento
- comprensión
- aplicación
- análisis:

La siguiente lista muestra la situación con mayor detalle:

NIVEL TAXONÓMICO	NÚMERO DEL REACTIVO
Conocimiento	2, 4, 6, 10, 11, 16, 17
Comprensión	1, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 19, 20
Aplicación	1 <sup>a</sup> , 11 <sup>a</sup> , 18
Análisis	3, 7, 12

***Piloteo de este examen diagnóstico:***

La validez y confiabilidad para este examen la realicé con la población de la Facultad de Ingeniería, en específico con alumnos que estaban cursando diferentes asignaturas del área de hidráulica.

***Procedimiento:***

Apliqué el examen diagnóstico a estudiantes de distintos semestres. Escogí dos grupos de Hidráulica Básica; dos grupos de Hidráulica de Máquinas y Transitorios; dos grupos de Hidráulica de Canales; y por último dos grupos de Obras Hidráulicas. La mitad de los grupos corresponden al turno matutino y la otra mitad al turno vespertino.

***Determinación de la muestra:***

No calculé una muestra representativa de la Facultad de Ingeniería. La población objeto corresponde a los siguientes grupos y asignaturas:

NÚMERO DE GRUPOS	ASIGNATURA
2	Hidráulica Básica
2	Hidráulica de Canales
2	Hidráulica de Maquinas y Transitorios
2	Obras Hidráulicas

Dichos grupos pertenecen al semestre 2001-2.

<sup>3</sup> de acuerdo con la taxonomía del NLSTM

### ***Actividades subsecuentes***

Una vez disponible la población estudiantil, procedí a la medición de la siguiente manera:

1. Aplicación del examen
2. Procesamiento de los resultados Análisis preliminar de los mismos para comprobar la confiabilidad del examen.
3. Estudio estadístico y técnico pedagógico para determinar en qué medida los estudiantes cubren los conocimientos fundamentales.
4. El examen fue calificado con el programa que para tal efecto tiene la Secretaría Técnica de la División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodésica. Dicho programa me permitió comprobar su validez, confiabilidad, medir el grado de dificultad, su capacidad de discriminación y modificar los reactivos cuya evaluación no había sido satisfactoria, todo esto con el objeto de elaborar la versión definitiva que puede ser aplicada a los estudiantes de los próximos cursos.

### **ALCANCES DE ESTE TRABAJO**

Todo lo anterior, me permitirá contar con un instrumento adecuado para conseguir los objetivos expuestos al inicio de este documento.

Aportaciones de este trabajo para apoyar la docencia:

Los resultados de este ejercicio de evaluación diagnóstica servirán para:

- ⇒ Evaluar en qué medida los estudiantes alcanzan, durante los cursos de hidráulica básica a superar sus deficiencias en conocimientos básicos.
- ⇒ Retroalimentar a la Institución sobre el logro de uno de sus principales objetivos: mejorar la calidad de la enseñanza.
- ⇒ Ofrecer datos para fundamentar o apoyar futuros trabajos e investigaciones sobre este tema.
- ⇒ Servir de base para los cuerpos colegiados o a profesores particulares que trabajen sobre programas operativos, metodología de la enseñanza o materiales didácticos de apoyo, para generar futuras alternativas con miras a la optimización de los resultados deseados en los alumnos.

A continuación se anexa la versión final del Examen Diagnóstico de Hidrostática



**EXAMEN DIAGNÓSTICO DE HIDROSTÁTICA  
PARA ESTUDIANTES DEL ÁREA DE HIDRÁULICA  
EN LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TU COLABORACIÓN ES IMPORTANTE**

El objetivo de este examen es obtener información actualizada sobre la aplicación, por parte de los estudiantes, de conceptos y procedimientos básicos en la solución de problemas de hidrostática. Los conceptos y procedimientos aquí contenidos se requieren para cursar con éxito otras asignaturas tanto del área de hidráulica como de otras áreas de la Ingeniería. Te invitamos a que resuelvas este examen lo mejor que puedas.

*Gracias por tu colaboración.  
Atte. Dulce Ma. Cisneros Peralta.*

**INSTRUCCIONES:**

- Para las preguntas con opción múltiple:
  - Marca claramente el recuadro de la opción que coincide con tu respuesta.
- Para las preguntas abiertas:
  - Redacta con la mayor claridad posible lo que se te pide.
- Es importante que junto con este examen, entregues todas las hojas adicionales donde hayas hecho cálculos y/o redactado tus conceptos y definiciones.
- Marca con S.I. si decides utilizar el Sistema Internacional de Unidades o con una T si utilizas el Sistema Técnico para resolver los problemas.

**DATOS DE CONTROL:**

**¿De qué generación eres?\_\_\_\_\_¿Haz cursado la asignatura de Hidráulica Básica y cuándo?\_\_\_\_\_ ¿Ya acreditaste la asignatura de Hidráulica Básica, con qué calificación?\_\_\_\_\_**

Sobre la siguiente situación vas a contestar varias preguntas. Resuelve en una hoja aparte los problemas y responde como se te pide.

Escoge el sistema de unidades con el que deseas resolver los problemas.

Un tanque de almacenamiento submarino de media esfera fue construido lejos de la orilla para contener gas natural, siendo la base de la semiesfera el diámetro máximo de la misma..

Determina la presión, en la base del tanque cuando ésta se encuentra sumergida 6 m. por debajo del nivel del mar.

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO MÉTRICO
Densidad Relativa del agua de Mar 1.025	$\gamma = 1025 \text{ kg}_f/\text{m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula la presión en las unidades correspondientes.
Calcula la Presión en pascals. (1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> )	

1. Haz un dibujo, lo más detallado posible, que represente la situación.

2. La densidad relativa se puede definir como:

- A) La relación de masa de un cuerpo entre su volumen, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas.
- B) La densidad del agua en condiciones estándar.
- C) La densidad de la sustancia entre la presión.
- D) La cantidad de materia contenida en un cuerpo.
- E) El cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua en condiciones estándar (4 °C). (También conocida como gravedad específica).

3. De las siguientes opciones, **escoge** de las cantidades abajo sugeridas, **todas aquellas que representen una medida de la densidad**. Separa las cantidades que pertenezcan al Sistema Internacional y las cantidades que estén dadas en Sistema Técnico, ya sea Métrico o en Sistema Inglés:

- I.  $1025 \text{ kg/m}^3$                       II.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{s}^2} \right]$                       III.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- IV.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{lb}_f \times \text{s}^2}{\text{in}^4} \right]$                       V.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \right]$

- A) Sistema Internacional de Unidades \_\_\_\_\_.
- B) Sistema Técnico Métrico o Inglés. \_\_\_\_\_.

4. El peso específico se puede definir como:

- A) El producto del peso de una sustancia por su volumen.
- B) La densidad de la sustancia por la gravedad.
- C) El peso de una sustancia entre su área.
- D) La razón de un volumen entre su peso.
- E) La densidad relativa entre la gravedad.

5. ¿Cuál de las siguientes opciones representa el peso específico para el problema que se planteó? Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste.

A)  $1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$

B)  $1025 \left[ \frac{\text{kg}_f \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$

C)  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^3$ .

D)  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^2$

E)  $1025 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{s}^2} \right]$

6. Dadas las condiciones del tanque, la presión "P" resulta de:

Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.

A) Multiplicar el peso específico por la altura.

B) Multiplicar el peso por el radio de la esfera.

C) Multiplicar el peso por la superficie.

D) Multiplicar la densidad relativa por la gravedad específica.

E) Multiplicar la densidad del agua por la gravedad local y por la profundidad.



7. De las siguientes cantidades **escoge todas aquellas que representan medidas de presión**. Separa las cantidades que tengan unidades del Sistema Internacional, Sistema Técnico (Métrico o Inglés) u otro Sistema de Unidades:

I. 0.60332 bars      II. 60332 N/m<sup>2</sup>      III. 603.32 Pa/m

IV. 8.748 lbf/in<sup>2</sup>      V. 60.332 N/m<sup>3</sup>

A) Sistema Internacional de Unidades \_\_\_\_\_.

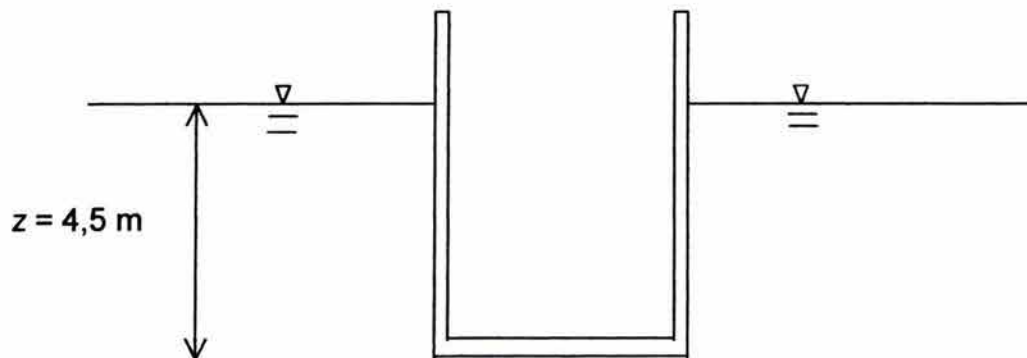
B) Sistema Técnico Métrico o Inglés. \_\_\_\_\_.

C) Otro Sistema de Unidades. \_\_\_\_\_.

8. Escribe qué entiendes por presión absoluta y dibuja un esquema que represente la presión absoluta.
9. Escribe qué entiendes por presión manométrica o relativa y dibuja un esquema para representarla.
10. ¿Existen presiones absolutas negativas? \_\_\_\_\_

En la siguiente figura , el área del fondo es cuadrada y mide  $5,2 \text{ m}^2$  y la profundidad del agua es de  $4,5\text{m}$ . Determina la magnitud, dirección y situación del empuje hidrostático resultante.

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula el Empuje Hidrostático en las unidades correspondientes.
Calcula el Empuje Hidrostático en newtons. ( $1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$ )	



$$A = 5,2 \text{ m}^2$$

11. Se puede definir al *Empuje hidrostático* como:

- A) El producto del peso específico por la altura.
- B) Equivale al producto de una superficie A, multiplicada por la presión hidrostática y que actúa en el centroide de dicha superficie.
- C) La fuerza que el peso de una columna de agua ejerce en un recipiente.
- D) Un prisma de agua que empuja a la pared de un recipiente.
- E) Un empuje vertical y descendente que experimenta todo cuerpo en el seno de un fluido y su punto de aplicación es el centro de gravedad.

12. Con la respuesta del inciso anterior la fuerza hidrostática del problema resulta ser:

Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.

A)  $F = 9780 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 5,2 [\text{m}^2] = 51,01 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$

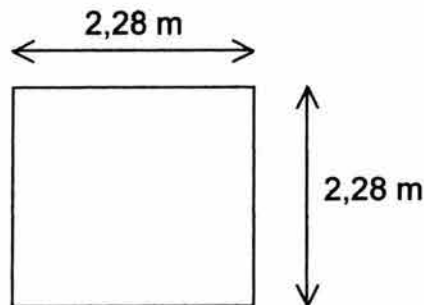
B)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] = 44,010 [\text{N}]$

C)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 228,852 [\text{kN}]$

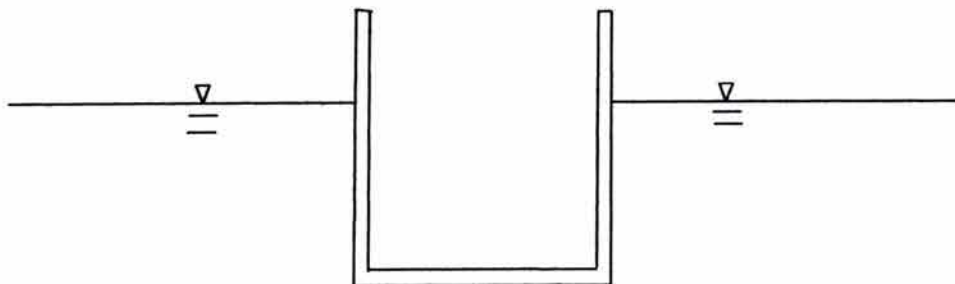
D)  $F = 9810 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 229,554 [\text{Tons}]$

E)  $F = 1000 \left[ \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 23,400 [\text{kg}_f]$

13. Utiliza el esquema que sigue, el cual representa la base del recipiente y ubica en él, el punto donde se concentra la fuerza hidrostática del problema.



14. ¿Cuál es la dirección que tiene la fuerza hidrostática que calculaste? Márcala en el esquema que se muestra a continuación:





15. Un niño decide jugar con un submarino en la pileta de su casa, la cual se encuentra llena de agua hasta el borde. El chico introduce el juguete en la pileta y el agua se desborda. Escribe lo más completamente posible el fenómeno físico que la situación plantea. (Puedes apoyarte en un dibujo además de escribir la explicación).
16. ¿A qué equivale el volumen de agua que se desbordó de la pileta?
17. ¿Qué se requiere para que un objeto flote en el agua?
18. Suponiendo que el juguete del niño es macizo, pesa  $2 \text{ kg}_f$  y que la mitad de éste flota en la pileta ¿Qué cantidad de agua se derrama?  
Considera  $\gamma = 1000 \text{ kg}_f/\text{m}^3$
19. Con base en la teoría de la Hidrostática, escribe lo más detalladamente posible, cómo se distribuye la presión en un recipiente que contiene agua. El recipiente puede ser de la forma que gustes.
20. Dibuja un esquema que represente lo que redactaste en la pregunta anterior.



# V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para objeto de este trabajo se utilizó la prueba de rangos de Duncan<sup>1</sup> para determinar si los grupos difieren confiablemente.

La siguiente tabla presenta las estadísticas de los grupos muestreados:

	1	2	3	4	5	6	7	8
	HC03	HCO5	HB04	HB06	HMYT05	HMYT02	OH02	OH04
Sx	167.175	90.75	120.88	139.2705	98.73	111.89	107.42	133.09
Sx <sup>2</sup>	1385.049	625.9091	941.501	1002.797	610.1493	686.6811	757.366	827.716
n	21	14	16	20	17	19	17	22
prom	7.960714	6.482143	7.555	6.963525	5.807647	5.888947	6.318824	6.04955
SS	54.21625	37.65464	28.2523	32.98304	36.76031	27.76678	78.59798	22.5821

Donde:

Sx Sumatoria de valores de x (calificaciones del examen diagnóstico).

Sx<sup>2</sup> Sumatoria de valores de x al cuadrado

n Número de alumnos por grupo.

Prom promedio (Sx/n).

SS Suma de los cuadrados de las puntuación de variable dependiente para cada grupo.

Este valor se obtuvo de la siguiente forma:

$$SS = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

El siguiente paso es encontrar la varianza del error de la siguiente forma:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum SS}{df}}$$

Donde:

Se Varianza del error.

SS Suma de los cuadrados de las puntuación de variable dependiente para cada grupo.

df grados de libertad apropiados para la prueba de Duncan que se obtiene de la siguiente forma:

$$df = N - r$$

$$df = 138 - 8$$

$$df = 130$$

Donde N: número total de participantes y r es el número de grupos.

Sustituyendo valores encontramos que  $Se = 1,57$

<sup>1</sup> McGuigan F.J. 1983 "Psicología experimental Enfoque metodológico" Trillas 3ra. Edición



Si tenemos un grupo de criterios, con un error del 5% de significancia, para probar la diferencia entre las medias es necesario encontrar los “rangos estandarizados menos significativos”  $r_p$ . Los cuales obtuvimos de la siguiente tabla:

Tabla 9-2 Valores de  $r_p$  para la prueba de rangos de Duncan (nivel de significatividad = 5%).

df	Número de grupo															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	50	100
1	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
2	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
3	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
4	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
5	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
6	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
7	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
8	3.26	3.39	3.47	3.52	3.55	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
9	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
10	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48	3.48	3.48
11	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
12	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48	3.48	3.48
13	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.45	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
14	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
15	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
16	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
17	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
18	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
19	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
20	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47
22	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
24	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
26	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
28	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	3.47
30	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
40	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47	3.47	3.47
60	2.83	2.98	3.08	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47	3.48	3.48
100	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47	3.53	3.53
∞	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47	3.61	3.67

El siguiente paso es calcular los “rangos menos significativos” para nuestros valores, lo que se simboliza por  $R_p$ :

$$R_p = S_e r_p \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior obtenemos que  $R_p = 1,17$

Si ordenamos los grupos, como sigue, por orden de jerarquía de sus promedios:

Grupo	5	6	8	7	2	4	3	1
Promedio	5,81	5,89	6,05	6,32	6,48	6,96	7,56	7,96
No. de alumnos	17	19	22	17	14	20	16	21

El siguiente paso es obtener la diferencia de los promedios y comparar los con  $R_p$ . De ésta forma podemos decir lo siguiente:

Si  $R_p > \text{prom}_2 - \text{prom}_1$  no hay diferencias significativas.

Si  $R_p < \text{prom}_2 - \text{prom}_1$  quiere decir que hay diferencias significativas entre los grupos.

GRUPOS	DIFERENCIA DE PROMEDIOS	$R_p$	COMENTARIO
5 - 1	2,15	1,17	Sí existe diferencia significativa
5 - 3	1,75	1,23	Sí existe diferencia significativa
5 - 4	1,15	1,13	No existe diferencia significativa
5 - 2	0,67	1,24	No existe diferencia significativa
5 - 7	0,51	1,15	No existe diferencia significativa
5 - 8	0,24	1,05	No existe diferencia significativa
5 - 6	0,08	1,03	No existe diferencia significativa
1 - 6	2,07	1,12	Sí existe diferencia significativa
1 - 8	1,91	1,07	Sí existe diferencia significativa
1 - 7	1,64	1,12	Sí existe diferencia significativa
1 - 2	1,48	1,16	Sí existe diferencia significativa
1 - 4	1	1,01	Sí existe diferencia significativa

De la anterior tabla podemos hacer los siguientes comentarios:

Se puede hacer comparaciones con los grupos 2, 5, 6, 7 y 8 de forma confiable, ya que no distan mucho en su comportamiento estadístico. Con los grupos 1, 3 y 4 podemos también hacer comparaciones entre ellos, pero no así con los primeros grupos.

Para ser más explícita con los resultados anteriores. Los grupos de Hidráulica Básica y el grupo 3 de Hidráulica de Canales, presentaron un mejor desempeño en el examen diagnóstico. El resto de los grupos encuestados presentaron un desempeño menor en cuanto a los conceptos que se preguntaron en el examen.

Así pues se pueden hacer comparaciones entre éstos grupos, con la certeza de que guardan similitud en su comportamiento.

V.1. Análisis de los problemas conceptuales detectados en el examen de diagnóstico.

Al realizar los exámenes diagnósticos en los diferentes grupos pude observar que, a pesar de que el profesor explique bien su clase, el alumno no alcanza a incorporar los nuevos



conocimientos, pues trae un esquema conceptual propio, el cual muchas veces choca con lo explicado por el profesor o profesora.

Por ejemplo, en el primer problema del examen diagnóstico se pregunta lo siguiente:

**Un tanque de almacenamiento submarino de media esfera fue construido lejos de la orilla para contener gas natural, siendo la base de la semiesfera el diámetro máximo de la misma.**

**Determina la presión en la base del tanque cuando éste se encuentra sumergido 6 m. por debajo del nivel del mar.**

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO MÉTRICO
Densidad relativa del agua de mar 1,025	$\gamma = 1025 \text{ kg/m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula la presión en las unidades correspondientes.
Calcula la presión en pascales (1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> )	

1. *En este problema se pretende que el(la) alumno(a) utilice el concepto de presión y la calcule. Se da a escoger entre dos sistemas de unidades para resolverlo. También se le pide que haga un dibujo que represente lo que el problema plantea.*

Las dudas más frecuentes de los alumnos, para resolver este problema fueron:

- ¿Cuánto mide el diámetro de la semiesfera? El alumno no necesitaba de este dato realmente, pues lo que se pide es la presión en la base de la semiesfera.
- ¿Cuál es la densidad específica del agua? El dato que se proporciona es la densidad relativa, la cual por estar referida a la densidad del agua, carece de unidades. En este punto podemos ver la confusión que existe entre la densidad relativa y la específica, ambas son densidades pero el alumno no logra distinguir cuál es cuál. Esta misma pregunta se vuelve a repetir en el examen diagnóstico con redacción diferente, para corroborar una vez más el concepto de densidad específica.



- ¿La densidad es el inverso del peso específico? Aquí podemos observar que no sólo existe una confusión con el concepto de densidad relativa y densidad específica, también existe una confusión entre los conceptos de densidad y peso específico, ya que ambos poseen unidades similares, el alumno continuamente confunde la densidad con el peso específico.
- ¿Cuál es la densidad del agua en el sistema internacional de unidades? Al responder esta pregunta a un alumno, este no podía entender que  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  fuese una unidad correspondiente a la densidad y que  $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$  corresponde a unidades de peso específico.

La relación que existe entre el peso específico y la densidad específica es la gravedad, pero esto no es fácil de ver por parte de los estudiantes. Igualmente al darles a escoger el uso de un sistema de unidades, el 52% prefirió usar el sistema técnico.

El comentario más frecuente al entrevistar a los alumnos fue que en Ciencias Básicas, sí les están enseñando a usar el sistema internacional de unidades, pero al llegar a las asignaturas de ingeniería aplicada, el sistema que se usa es el sistema técnico, lo que en muchas ocasiones crea confusiones en el alumno.

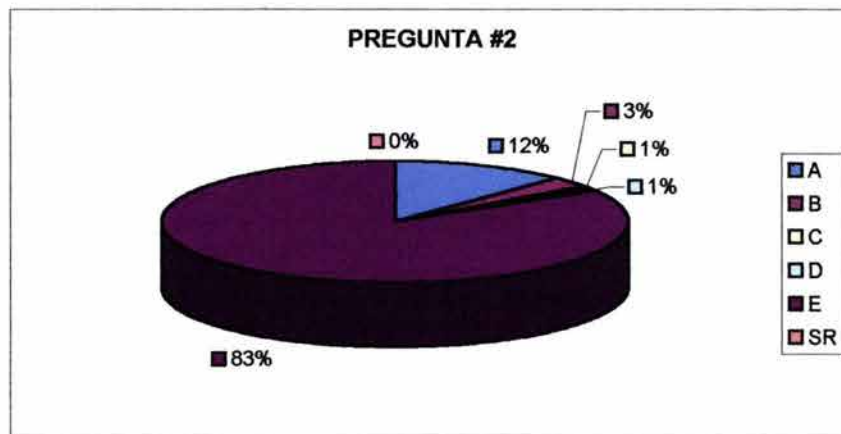
- ¿Cómo se encuentra colocado el tanque? Algunos alumnos dibujaron la semiesfera con la concavidad hacia abajo. Para varios alumnos (35%) es difícil poder visualizar el problema. Esto mismo se vuelve a comprobar en el problema 11 del examen diagnóstico.

La densidad relativa se puede definir como:

- A) La relación de masa de un cuerpo entre su volumen, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas.
- B) La densidad del agua en condiciones estándar.
- C) La densidad de la sustancia entre la presión.
- D) La cantidad de materia contenida en un cuerpo.
- E) El cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua en condiciones estándar (4 °C). (También conocida como gravedad específica).

2. En esta pregunta la intención es saber si el(la) alumno(a) conoce el concepto de densidad relativa y dado que la pregunta es de opción múltiple, también se mide qué tan completo está dicho concepto.

- Para este reactivo algunos alumnos confundieron la densidad relativa con la específica. Principalmente por que ambas se denominan como densidades.
- Otra confusión es el hecho de que también se le llame gravedad específica.



De las siguientes opciones, escoge de las cantidades abajo sugeridas, todas aquellas que representen una medida de la densidad. Separa las cantidades que pertenezcan al Sistema Internacional y las cantidades que estén dadas en Sistema Técnico, ya sea Métrico o en Sistema Inglés:

- I.  $1025 \text{ kg/m}^3$
- II.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{s}^2} \right]$
- III.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- IV.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{lb}_f \times \text{s}^2}{\text{in}^4} \right]$
- V.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \right]$

3. Se pide que el(la) alumno(a) clasifique las unidades que se le proporcionan en Unidades del Sistema Internacional, del Sistema Técnico Métrico o Inglés. Con esto se pretende saber si saben diferenciar entre un sistema y otro, además de medir cuántas unidades reconocen.

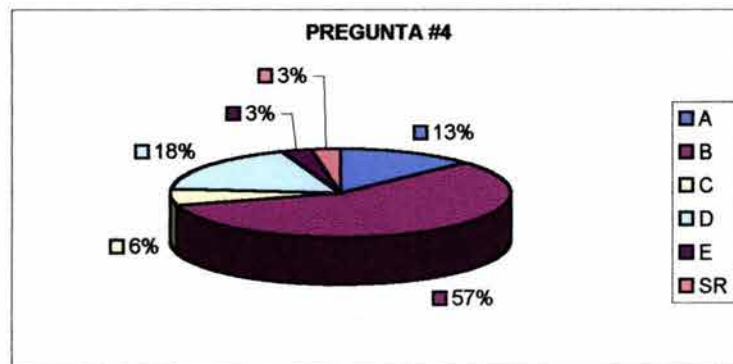
- Muchos alumnos no reconocen los slugs como unidades del sistema inglés.
- Otra confusión común fue las unidades  $\left[ \frac{N \times s^2}{m^4} \right]$  no parecían ser unidades de densidad para (36%) de los alumnos, al igual que  $\left[ \frac{lb_f \times s^2}{in^4} \right]$ .

**El peso específico se puede definir como:**

- A) El producto del peso de una sustancia por su volumen.
- B) La densidad de la sustancia por la gravedad.
- C) El peso de una sustancia entre su área.
- D) La razón de un volumen entre su peso.
- E) La densidad relativa entre la gravedad.

4. En esta pregunta la intención es saber si el(la) alumno(a) conoce el concepto de peso específico.

- Nuevamente hubo alumnos que confundieron peso específico con el inverso del peso específico (18%). Un 22% confundió el peso específico con sus componentes o conceptos parecidos, por lo que se puede observar que un (40%) todavía tiene confusión con este concepto y por ende con el concepto de densidad.



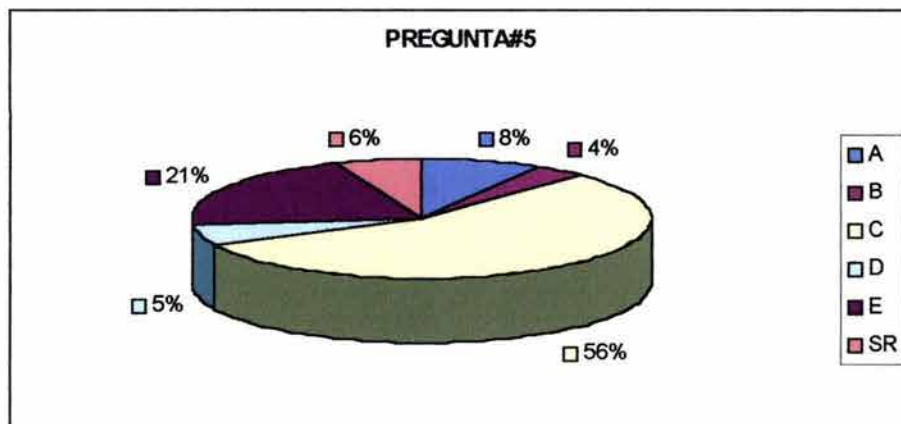


¿Cuál de las siguientes opciones representa el peso específico para el problema que se planteó? Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste.

- A.  $1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$
- B.  $1025 \left[ \frac{\text{kg}_f \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- C.  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^3$
- D.  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^2$
- E.  $1025 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{s}^2} \right]$

5. Después de haber escogido el sistema de unidades a utilizar el(la) alumno(a) escoge la opción que represente las unidades del peso específico. Aquí la intención es saber si el(la) alumno(a) distingue las unidades del peso específico, además es un reactivo que permite corroborar si el primer problema estuvo bien resuelto. Por lo tanto hay dos respuestas correctas, pero sólo una corresponde al sistema de unidades que el(la) alumno(a) escogió en el primer problema.

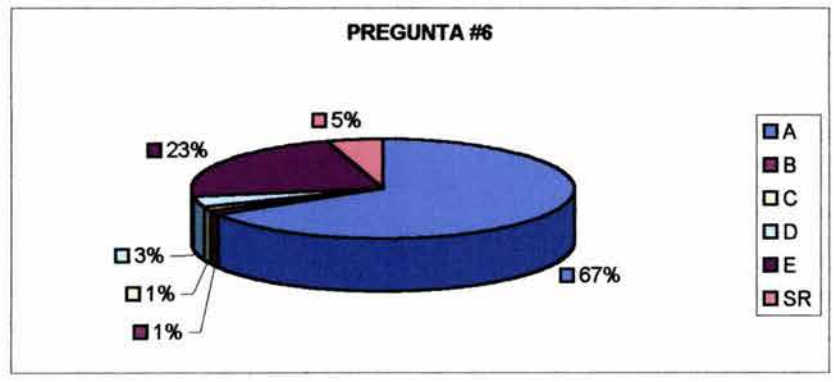
- Un 19% de los alumnos contestó incorrectamente esta pregunta.
- Hubo algún alumno que me preguntó si los kilogramos eran masa o fuerza y cuándo se aplicaba uno o el otro para los conceptos de densidad y peso específico.



Dadas las condiciones del tanque, la presión “P” resulta de:

**Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.**

- A) Multiplicar el peso específico por la altura.
  - B) Multiplicar el peso por el radio de la esfera.
  - C) Multiplicar el peso por la superficie.
  - D) Multiplicar la densidad relativa por la gravedad específica.
  - E) Multiplicar la densidad del agua por la gravedad local y por la profundidad.
6. Se le pide al(la) alumno(a) que escoja la definición de presión que corresponda al sistema de unidades que viene utilizando desde el principio del Examen. La intención es corroborar si el concepto de presión es correcto ó si existe alguna confusión. Hay dos respuestas correctas pero sólo una que corresponde al procedimiento y sistema de unidades que el(la) alumno escogió desde el inicio.
- En este concepto sólo e 5% se equivocó al contestar.



**De las siguientes cantidades escoge todas aquellas que representan medidas de presión. Separa las cantidades que tengan unidades del Sistema Internacional, Sistema Técnico (Métrico o Inglés) u otro Sistema de Unidades:**

- I. 0.60332 bars
- II. 60332 N/m<sup>2</sup>
- III. 603.32 Pa/m
- IV. 8.748 lbf/in<sup>2</sup>
- V. 60.332 N/m<sup>3</sup>

7. En esta pregunta se pide al(la) alumno(a) que clasifique las cantidades que se le proporcionan dependiendo del sistema de unidades al que pertenecen. Aquí

*podemos medir, una vez más si el(la) alumno(a) reconoce los diversos tipos de unidades o si tiene alguna confusión.*

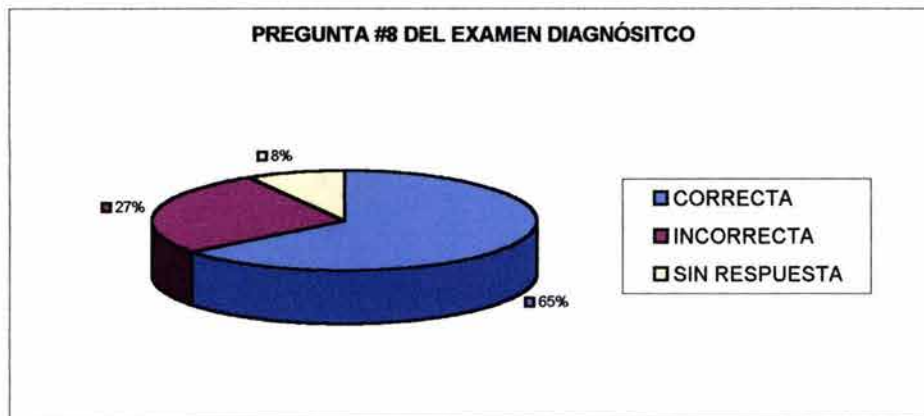
Para esta pregunta existen dos versiones, una en opciones donde sólo tienen que escoger entre 5 incisos y esta última donde tienen que identificar los diferentes tipos de unidades.

- Para la primera versión, que sólo preguntaba cuáles eran unidades de presión, el 17% de los alumnos contestó correctamente.
- Para la versión dos, el 54% de los alumnos contestó de forma completa y correcta la pregunta.

**Escribe qué entiendes por presión absoluta y dibuja un esquema que represente la presión absoluta.**

8. *En este reactivo se solicita un dibujo que represente la presión absoluta y una descripción en palabras, de dicho concepto. Aquí se tiene la oportunidad de revisar el concepto que el(la) alumno(a) describe y cómo lo representa gráficamente.*

- El 35% de los alumnos no logra expresar lo que entiende por presión absoluta y como resultado de ello las siguientes dos preguntas también resultan confusas.

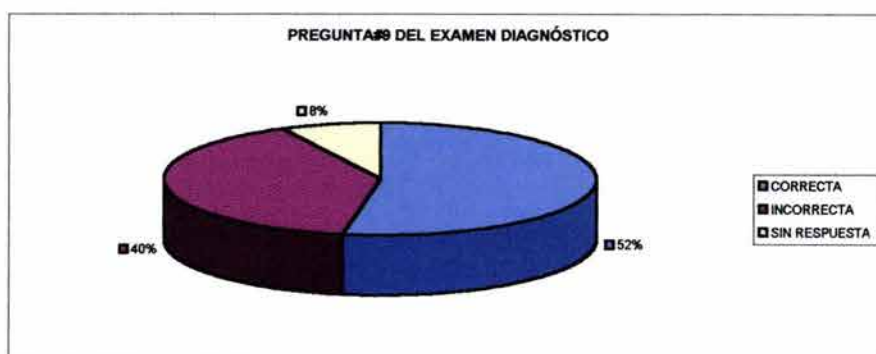




**Escribe qué entiendes por presión manométrica o relativa y dibuja un esquema para representarla.**

9. *Se pide un dibujo y una explicación con palabras de la presión relativa. Aquí se revisa el concepto que el(la) alumno(a) tiene y cómo lo representa gráficamente, por otro lado es una forma de verificar el concepto anterior y saber si el(la) alumno(a) lo relaciona.*

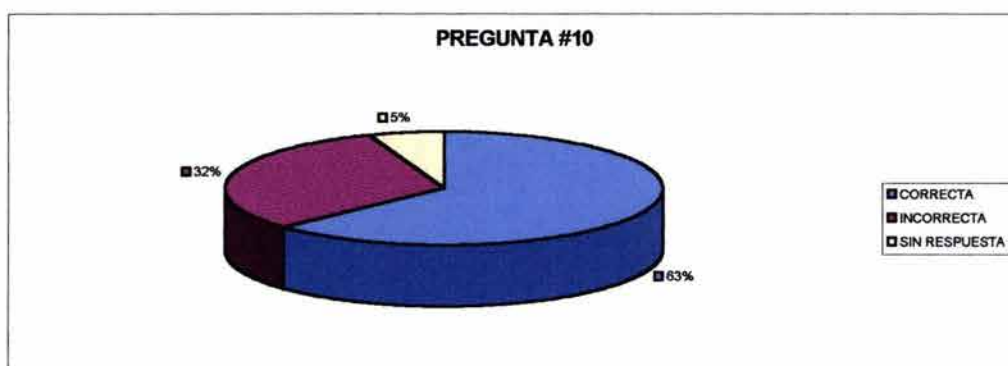
- En esta pregunta causa mucha confusión el que se le llame de dos formas distintas a la presión manométrica. Un 48% de los alumnos se equivocó en esta pregunta.



**¿Existen presiones absolutas negativas? \_\_\_\_\_**

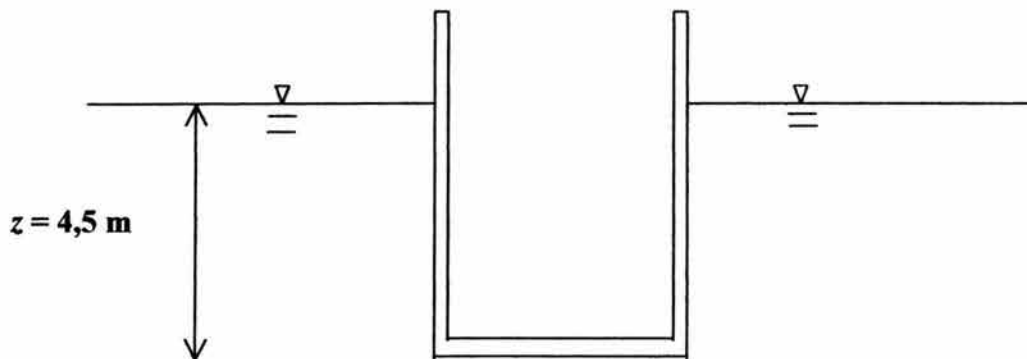
10. *Con esta pregunta se pretende verificar si el concepto de presión absoluta está claramente relacionado con los esquemas que el(la) alumno(a) dibujó en las preguntas anteriores.*

- Esta pregunta parece redundante, sin embargo aquí me pude dar cuenta de que las presiones negativas, que corresponden a las manométricas o vacuo métricas, se confunden con la presión absoluta. Para este reactivo el porcentaje de alumnos que contestó correctamente fue de 63%.



En la siguiente figura , el área del fondo es cuadrada y mide  $5,2 \text{ m}^2$  y la profundidad del agua es de  $4,5 \text{ m}$ . Determina la magnitud, dirección y situación del empuje hidrostático resultante.

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula el Empuje Hidrostático en las unidades correspondientes.
Calcula el Empuje Hidrostático en newtons. ( $1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$ )	



$$A = 5,2 \text{ m}^2$$

10. (A) Se plantea el problema de empuje hidrostático y se pide al(la) alumno(a) que escoja nuevamente el sistema de unidades que utilizara para resolverlo. Por una parte el trabajo a realizar es, revisar el planteamiento del problema, pues lo tienen que resolver en una hoja aparte, aquí se puede observar qué tanto entienden el problema y las estrategias que utilizan para su resolución.

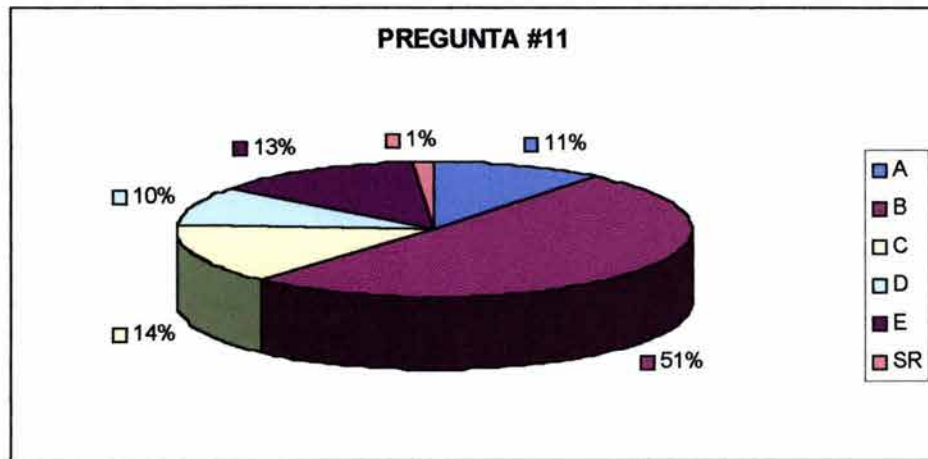
- Las confusiones frecuentes en esta pregunta fueron la distribución de presiones, algunos alumnos se daban cuenta que la presión horizontal era nula y sólo calcularon la presión vertical, obteniendo así el empuje.
- Algunos alumnos calcularon el empuje en una sola de las paredes sin tomar en cuenta el cuerpo completo.

Se puede definir al *Empuje hidrostático* como:

- A) El producto del peso específico por la altura.
- B) Equivale al producto de una superficie A, multiplicada por la presión hidrostática y que actúa en el centroide de dicha superficie.
- C) La fuerza que el peso de una columna de agua ejerce en un recipiente.
- D) Un prisma de agua que empuja a la pared de un recipiente.
- E) Un empuje vertical y descendente que experimenta todo cuerpo en el seno de un fluido y su punto de aplicación es el centro de gravedad.

11. Este reactivo de opción múltiple, tiene la intención de revisar el concepto de empuje hidrostático y medir qué tan completo está.

- Una de las dudas comunes en esta pregunta fue la diferencia entre presión y empuje, hubo alumnos que todavía se confunden con estos dos conceptos.
- Un 48% de los alumnos se confundió en esta pregunta y por lo tanto contestó incorrectamente.





Con la respuesta del inciso anterior la fuerza hidrostática del problema resulta ser:

**Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.**

A)  $F = 9780 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 5,2 [\text{m}^2] = 51,01 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$

B)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] = 44,010 [\text{N}]$

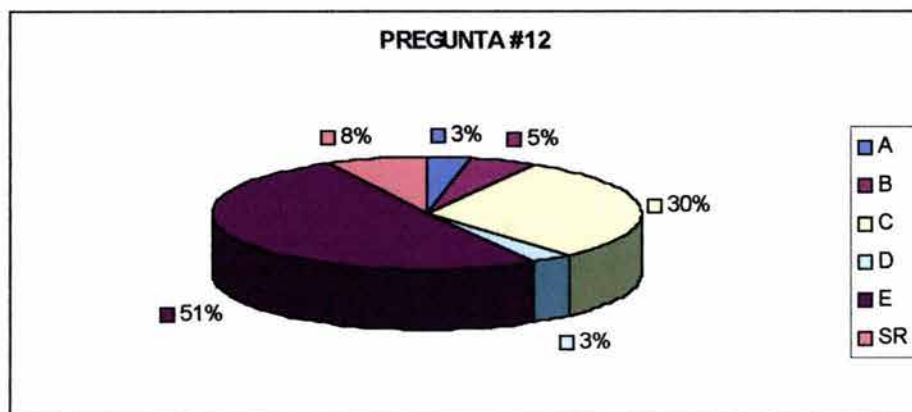
C)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 228,852 [\text{kN}]$

D)  $F = 9810 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 229,554 [\text{Tons}]$

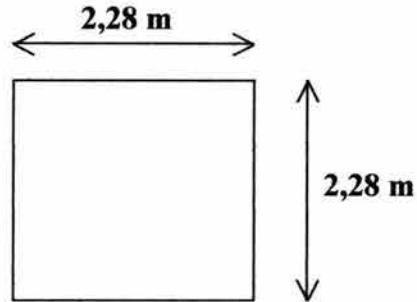
E)  $F = 1000 \left[ \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 23,400 [\text{kg}_f]$

12. Aquí se solicita el desarrollo de los cálculos (de la fórmula) para obtener la Fuerza Hidrostática. Uno de los objetivos de esta pregunta es verificar el procedimiento del alumno para resolver el problema 10.A , el siguiente objetivo es verificar si el alumno utilizó correctamente la unidades, dependiendo del sistema que haya escogido.

- El 11% de los alumnos contestó incorrectamente la pregunta.
- Un 51% de los alumnos prefirió utilizar el sistema técnico de unidades.
- Un 30% utilizó el sistema internacional de unidades.

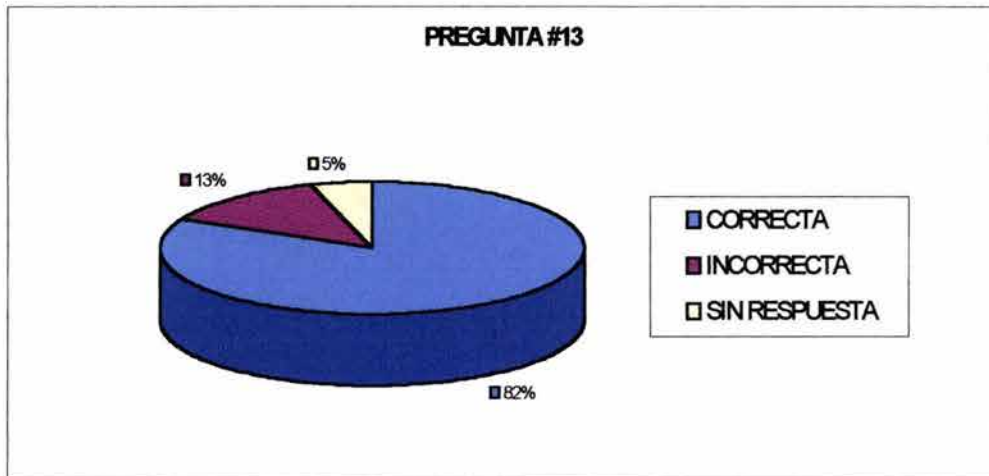


Utiliza el esquema que sigue, el cual representa la base del recipiente y ubica en él, el punto donde se concentra la fuerza hidrostática del problema.

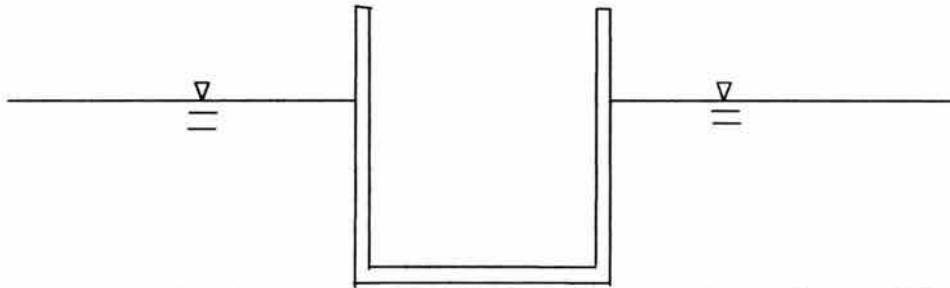


13. Se pide al(la) alumno(a) la localización del punto de concentración de la Fuerza Hidrostática. El objetivo es saber si puede localizar dicho punto de concentración o si existe alguna confusión.

- Un 13% de los alumnos contestó incorrectamente esta pregunta.
- Un 5% no respondió a esta pregunta.
- El 82% de los alumnos contestó de forma correcta.

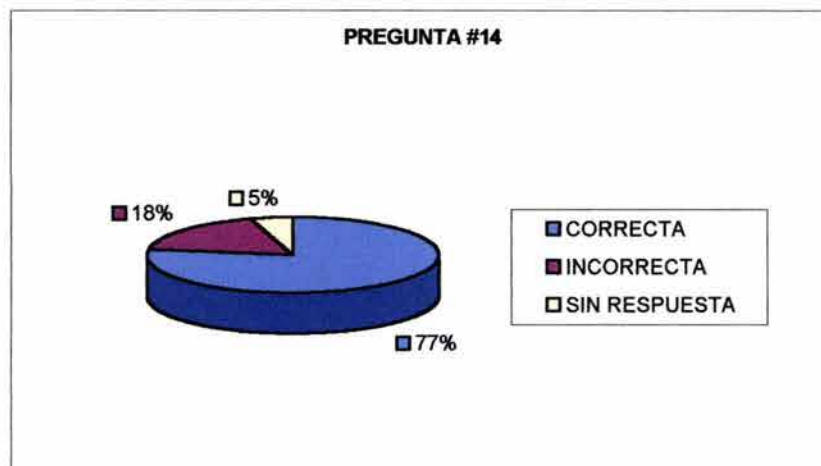


**¿Cuál es la dirección que tiene la fuerza hidrostática que calculaste? Márcala en el esquema que se muestra a continuación:**



14. La pregunta pide la localización de la dirección de la Fuerza Hidrostática calculada. El objetivo es corroborar que el(la) alumno(a) haya entendido el problema.

- Esta pregunta puede verse como repetitiva, y me sirvió para verificar las preguntas anteriores, como pude confirmar el 18% no contestó correctamente, este porcentaje es cercano a la suma de porcentajes de alumnos que no respondieron correctamente, o simplemente no respondieron a la pregunta anterior .



**Un niño decide jugar con un submarino en la pileta de su casa, la cual se encuentra llena de agua hasta el borde. El chico introduce el juguete en la pileta y el agua se desborda. Escribe lo más completamente posible el fenómeno físico que la situación plantea. (Puedes apoyarte en un dibujo además de escribir la explicación).**



15. Esta pregunta presenta una situación y pide al(a) alumno(a) describir con sus palabras el fenómeno físico. La intención es que a partir del ejemplo el(la) alumno(a) enuncie el principio de Arquímedes, pero si no llega a recordar de qué principio se trata, por lo menos saber que el concepto está claro.

- Para algunos alumnos es difícil verbalizar el fenómeno físico, pueden dibujarlo pero les cuesta trabajo explicarlo. Aun así un 77% de los alumnos contestó correctamente a este reactivo.

#### **¿A qué equivale el volumen de agua que se desbordó de la pileta?**

16. Esta pregunta hace énfasis en el principio de Arquímedes, así se busca saber si el(la) alumno(a) tiene claro el principio.

- Al igual que la pregunta anterior el 78% de los alumnos contestó correctamente.

#### **¿Qué se requiere para que un objeto flote en el agua?**

17. Esta es una pregunta asociada al Principio de Arquímedes, donde se pide al(la) alumno(a) que proporcione los elementos que se necesitan para que un objeto flote en el agua. El objetivo es revisar el concepto de flotación.

- Una gran mayoría de los alumnos contesta que para que un objeto pueda flotar en el agua su densidad debe ser menor que la del agua. Si la pregunta hubiera sido ¿por qué un barco de acero puede flotar, si la densidad del acero es mayor que la del agua? Las respuestas hubieran sido referidas a la geometría del objeto, más que a la densidad del mismo.
- El 69% de los alumnos contestó correctamente a esta pregunta.
- Un 9% de los alumnos no tiene claro el concepto y contestó de forma confusa o no adecuadamente.

**Suponiendo que el juguete del niño es macizo, pesa 2 kg<sub>f</sub> y que la mitad de éste flota en la pileta ¿Qué cantidad de agua se derrama? Considera  $\gamma = 1000 \text{ kg}_f/\text{m}^3$**

*18. Aquí se proporciona un problema referido al principio de Arquímedes. El objetivo es saber si el(la) alumno(a) puede plantear dicho problema y resolverlo.*

- Un 20% de los alumnos no contestó correctamente a la pregunta, si bien el 2% de ellos planteó bien el problema, pero no tomaron en cuenta que sólo la mitad del juguete era la que flotaba.
- Un 13.8 % no contesto la pregunta.
- El 44% de los alumnos contestó de forma correcta, el resto 20% aun que su respuesta fue incorrecta el procedimiento estuvo bien, la confusión fue al manejar los datos y las unidades.

**Con base en la teoría de la Hidrostática, escribe lo más detalladamente posible, cómo se distribuye la presión en un recipiente que contiene agua. El recipiente puede ser de la forma que gustes.**

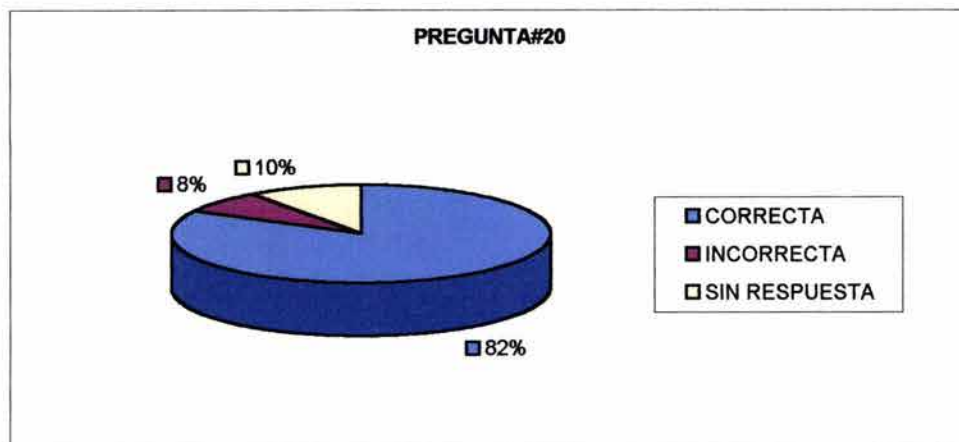
*19. En esta pregunta se pide al alumno que describa la distribución de la presión en un recipiente, con base en la teoría hidrostática. El objetivo de este reactivo es saber si el(la) alumno(a) conoce la Ley de Pascal, así como hacer énfasis en el concepto de presión Hidrostática.*

- Al revisar esta pregunta, nuevamente pude observar las dificultades para verbalizar el concepto. Alrededor de un 23% de los alumnos tienen noción de la Ley de Pascal pero su explicación no es muy convincente.
- Para el 57% de los alumnos la respuesta fue correcta, aun que su referencia siempre es, en la mayoría de las veces, un recipiente abierto.

**Dibuja un esquema que represente lo que redactaste en la pregunta anterior.**

20. Se pide una representación gráfica de la pregunta anterior. El objetivo es nuevamente, ver si el(la) alumno(a) tiene dificultades para representar el concepto gráficamente o en su defecto, si la representación grafica es la correcta, pero no lo puede explicar en palabras.

- En esta pregunta un porcentaje de 82% contestó esta pregunta de forma correcta. Lo que pude observar es que la mayoría de alumnos que respondió a esta pregunta dibujó una pared plana con una distribución triangular de la presión.





A spiral-bound notebook with a dark grey cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The text is centered on the page.

**VI. MATERIAL  
DIDÁCTICO PROPUESTO**

## VI. MATERIAL DIDÁCTICO PROPUESTO

### VI.1 DISEÑO DE ACTIVIDADES PARA LLEVAR AL ALUMNO A LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CONCEPTOS CLAVES

Para poder entender un poco más lo que significa la presión es necesario que uses tu imaginación un poco, o tu recuerdos. De esta forma es más fácil que puedas plantear los problemas que se proponen, por ejemplo:

¿Alguna vez te has sumergido en una alberca? Si es así ¿Cuál ha sido tu sensación al irte sumergiendo a mayor profundidad?

Si no sabes nadar, no te preocupes, ¿Alguna vez has viajado a Cuernavaca u a otro lugar en coche? ¿Has sentido algo extraño en tus oídos cuando viajas?

¿A qué le atribuyes esa sensación de oídos tapados?

¿Qué es la presión para ti? Explícala con tus palabras.

Los siguientes ejercicios se resolverán paso a paso y utilizando, en algunos casos, dos sistemas de unidades, el Sistema Internacional y el Sistema Técnico utilizado en Ingeniería.

Observa la forma de resolverlos y si te surgen preguntas, consúltalas con tu profesor o con algún compañero(a). Comenta tus conclusiones u observaciones, entre más compartas lo que tu aprendiste en clase, mejor te apropiarás del conocimiento.



## VI.1.1 PRESIONES ABSOLUTA Y RELATIVA. DISPOSITIVOS PARA MEDIR LA PRESIÓN.

1. La profundidad límite al que un buzo sin experiencia puede llegar es de 50 m. ¿Cuál es la intensidad de la presión que soporta el buzo en agua dulce a esa profundidad?

Este problema se resolverá usando ambos sistemas de unidades.

SISTEMA TÉCNICO	SISTEMA INTERNACIONAL
<p>Supongamos que el peso específico sea de</p> $\gamma = 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$ <p>Sabemos que la presión se define como</p> $P = \gamma h$ <p>Donde :</p> <p>P es la presión buscada</p> <p><math>\gamma</math> es el peso específico del fluido.</p> <p>h es la profundidad</p> <p>Entonces si sustituimos valores tenemos que.</p> $P = 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot 50 \text{ m} = 50000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$ <p>La presión a la que está sometido el buzo a esa profundidad es de <math>50000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}</math></p>	<p>La definición de peso específico es <math>\gamma = g\rho</math></p> <p>Donde</p> <p><math>\gamma</math> es el peso específico</p> <p>g la aceleración de gravedad, que supondremos de <math>9,81 \text{ m/s}^2</math></p> <p><math>\rho</math> la densidad del fluido (en este caso agua dulce) <math>1000 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Sustituyendo estos valores en la ecuación anterior obtenemos</p> $\gamma = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $\gamma = 9810 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^3}$ $\gamma = 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ <p>Para calcular la presión tenemos que <math>P = \gamma h</math></p> <p>Si sustituimos valores en la ecuación anterior tenemos que</p> $P = 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \cdot 50 \text{ m} = 490500 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ <p>Es decir, la presión que soporta este buzo a esa profundidad es de <math>490,5 \text{ (kN/m}^2\text{)}^1</math></p>

Ambas formas de resolver el problema son correctas y es importante que las conozcas. ¿Se te ocurre otra forma de resolver el problema? Si es así inténtalo y comprueba tu resultado.

<sup>1</sup> Se dividió el resultado de la presión entre 1000 para dar el resultado en kilo newtons sobre metro cuadrado.



2. Un barómetro de mercurio tiene una columna de 750 mm de altura.

a) ¿Cuál es la presión atmosférica en kN/m<sup>2</sup>?

b) ¿Cuál sería su equivalente en metros de columna de agua?

Solución del inciso a):

Tenemos que la presión atmosférica se calcula como:

$$Pa = \rho g h \dots\dots\dots(A)$$

Donde

$\rho$  es la densidad del mercurio 13582 kg/m<sup>3</sup>. (Estamos suponiendo que el mercurio esta a 0° C)

$g$  es la aceleración de gravedad, en este caso tomaremos 9,81 m/s<sup>2</sup>.

$h$  es la altura de la columna que para este ejercicio es de 750 mm los cuales convertiremos a metros pues necesitamos que todas las unidades sean congruentes al hacer las operaciones , por lo tanto hacemos la siguiente conversión.

$$750 \text{ mm} \cdot \frac{1}{1000} \frac{\text{m}}{\text{mm}} = 0,75 \text{ m}$$

Si sustituimos los valores que ya tenemos en la ecuación A, obtenemos:

$$Pa = 13582 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,75 \text{ m}$$

$$Pa = 99929,56 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

Aquí debemos observar que un Newton es  $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$  y si dividimos entre 1000 obtendremos kilo newtons (kN)

Y el resultado final es una presión atmosférica de  $Pa = 99,92956 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Para resolver el inciso b):

Para convertir los  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$  a metros de columna de agua realizamos la siguiente operación:

$$\text{metros de columna de agua} = \frac{Pa}{\rho g}$$

Donde:

$Pa$  es la presión atmosférica

$\rho$  es la densidad del agua

$g$  es la aceleración de la gravedad

$$\frac{99929,56 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

Operando solamente las unidades tenemos que

$$\frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2}} = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{1}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}} \text{ y sabemos que } \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \text{ equivale a un newton entonces:}$$

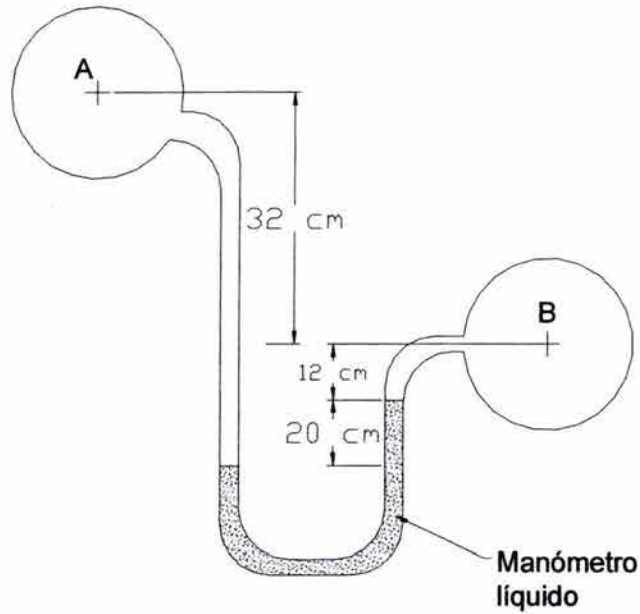
$$\frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{N}}{\text{m}^3}} = \text{mca}$$

El resultado final es 10,19 mca <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Las unidad metros de columna de agua (mca) no es una unidad del sistema internacional de unidades. Se utiliza en Ingeniería para dibujar los perfiles piezométricos.

En la figura que se muestra los recipientes A y B contienen cada uno fluidos diferentes, con pesos específicos de 0,75 y 1,00 respectivamente. Si el líquido del barómetro empleado es el mercurio. Determina la diferencia de presiones entre los líquidos contenidos en A y B.

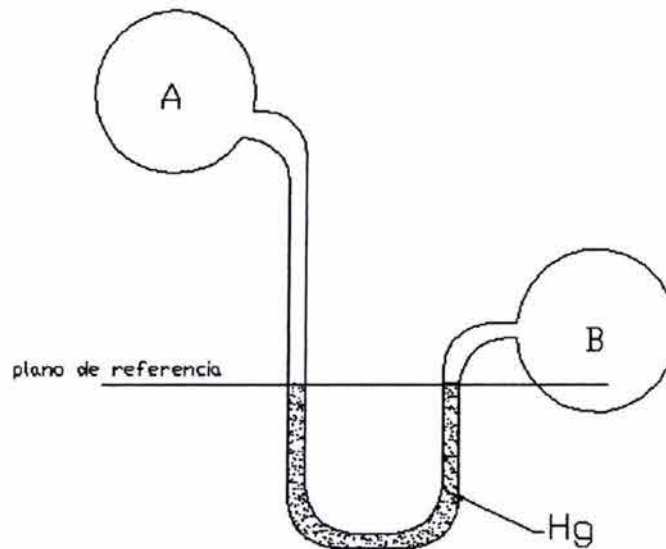


(Figura 1)

Para resolver este tipo de problemas se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Dibuja el manómetro, de manera semejante al que vez en la figura 1 de este problema, escoge una escala adecuada.



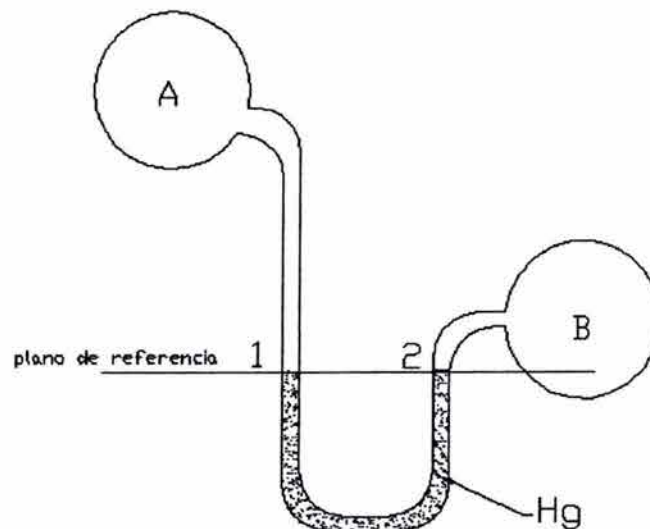


**(FIGURA 2)**

2. Selecciona un plano de referencia, ubícalo en el nivel del menisco más bajo del líquido del manómetro — es decir el nivel más bajo del mercurio en el tubo.(ver la figura 2).

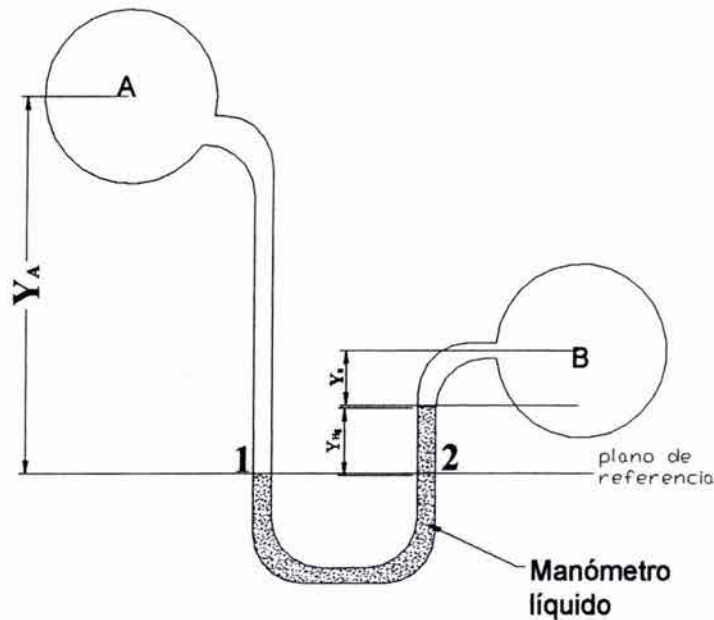
En el manómetro de la figura anterior puedes observar que el líquido (Hg) se encuentra al mismo nivel, si escoges un plano de referencia como el que se muestra en el dibujo.

De la figura podemos concluir que la presión en el recipiente A es la misma que en el recipiente B. Así mismo las presiones en los puntos 1 y 2 son iguales.



**(FIGURA 3)**

Para nuestro problema el manómetro luce de la siguiente forma.



(FIGURA 4)

La presión en los puntos 1 y 2 sigue siendo la misma, pero el líquido del manómetro se ha desplazado una distancia  $Y_{Hg}$ , lo cual representa una diferencia de presiones entre los recipientes A y B, para calcular dicha diferencia se puede plantear la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 P_A + Y_A \delta_A &= P_B + Y_B \delta_B + Y_{Hg} \delta_{Hg} \\
 P_A + Y_A \delta_A - P_B &= \cancel{P_B} - \cancel{P_B} + Y_B \delta_B + Y_{Hg} \delta_{Hg} \\
 P_A - P_B + Y_A \delta_A - Y_A \delta_A &= +Y_B \delta_B + Y_{Hg} \delta_{Hg} - Y_A \delta_A \\
 P_A - P_B &= Y_B \delta_B + Y_{Hg} \delta_{Hg} - Y_A \delta_A
 \end{aligned}$$

Suponiendo que el mercurio se encuentre a 1 atm de presión y a 20 °C entonces su densidad relativa es  $\delta_{Hg} = 13,6$

Si sustituyendo valores obtenemos:

$$P_A - P_B = 1,00 \cdot 12 + 13,6 \cdot 20 - 0,75 \cdot 64$$

$$P_A - P_B = 12 + 27,2 - 48$$

$$P_A - P_B = -8,8 \text{ multiplicando por } (-1)$$

$$\boxed{P_B - P_A = 8,8} \text{ que es la solución que buscábamos}$$

## 1 Ley de Pascal.

Una fuerza de 150 N (33,72 lbf) es transmitida por un pistón pequeño con un área de 25 mm<sup>2</sup> (0,04 in<sup>2</sup>) a un pistón con un área de 100 mm<sup>2</sup> (0,16 in<sup>2</sup>). Calcula la presión en pascals, bars, kgf/cm<sup>2</sup> y lbf/in<sup>2</sup>. Calcula también la fuerza en el pistón más grande en newtons y kilogramos fuerza. (Ambos pistones se encuentran a la misma elevación).

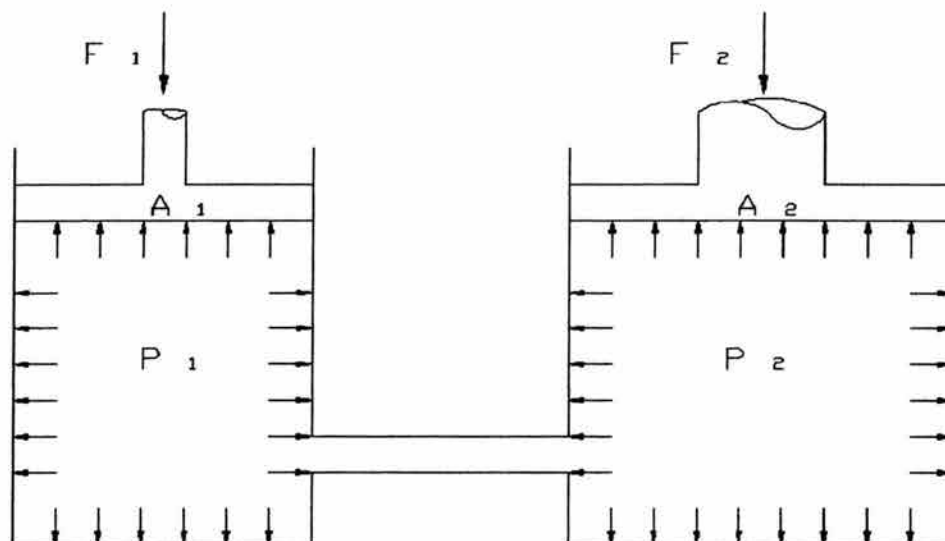


FIGURA 1.1

Con referencia a la figura, la presión se calcula de la siguiente forma:

*Presión = Fuerza en el pistón pequeño / Área del pistón pequeño*

$$P = \frac{F_1}{A_1}$$

Donde:

$P$  presión  
 $F_1$  fuerza ejercida en el pistón pequeño  
 $A_1$  área del pistón pequeño

Sustituyendo valores:

$$P = \frac{150 \text{ N}}{25 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{mm}^2}} = 6 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 6 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

Para obtener la presión en las otras unidades:

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 14,5 \text{ lbf/in}^2$$

$$P (\text{bars}) = \frac{6000 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} \cdot 1 \text{ bar} = 60 \text{ bars}$$

$$P \left( \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \right) = \frac{60 \text{ bars} \cdot 14,5 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}{1 \text{ bar}} = 870 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

Para obtener  $\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$ :

$$P = \frac{150 \text{ N}}{9,806 \frac{\text{N}}{\text{kg}_f} \cdot 25 \text{ mm}^2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{mm}^2}} = 61,2 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$$

La fuerza en el pistón largo se calcula usando la siguiente ecuación:

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot A_2}{A_1}$$

Donde:

$F_1$  fuerza ejercida en el pistón pequeño

$A_1$  área del pistón pequeño

$F_2$  fuerza ejercida en el pistón grande

$A_2$  área del pistón grande

Sustituyendo valores:

$$F_2 = \frac{150 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 600 \text{ N}$$

Para obtener el resultado en  $\text{kg}_f$ , se hace el siguiente cálculo:

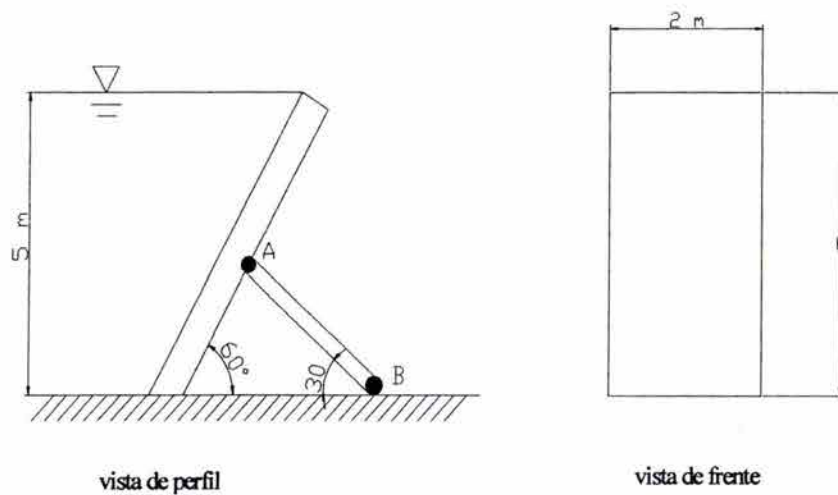
$$F_2 = \frac{150 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm}}{9,806 \frac{\text{N}}{\text{kg}_f} \cdot 25 \text{ mm}^2} = 61,2 \text{ kg}_f$$



### II.3 Empuje hidrostático sobre superficies planas y curvas.

El siguiente ejercicio que se resolverá de dos formas distintas, para que puedas escoger la que te parezca más fácil.

II.3.1 La figura 1 muestra el nivel del agua en una presa de 5 metros de altura, una compuerta inclinada de ancho de 2 metros y a la misma altura de la presa, es sostenida por un contrafuerte al centro de la misma, recibe el empuje hidrostático. Determina la fuerza de reacción ( $F_{AB}$ ) en el contrafuerte AB.

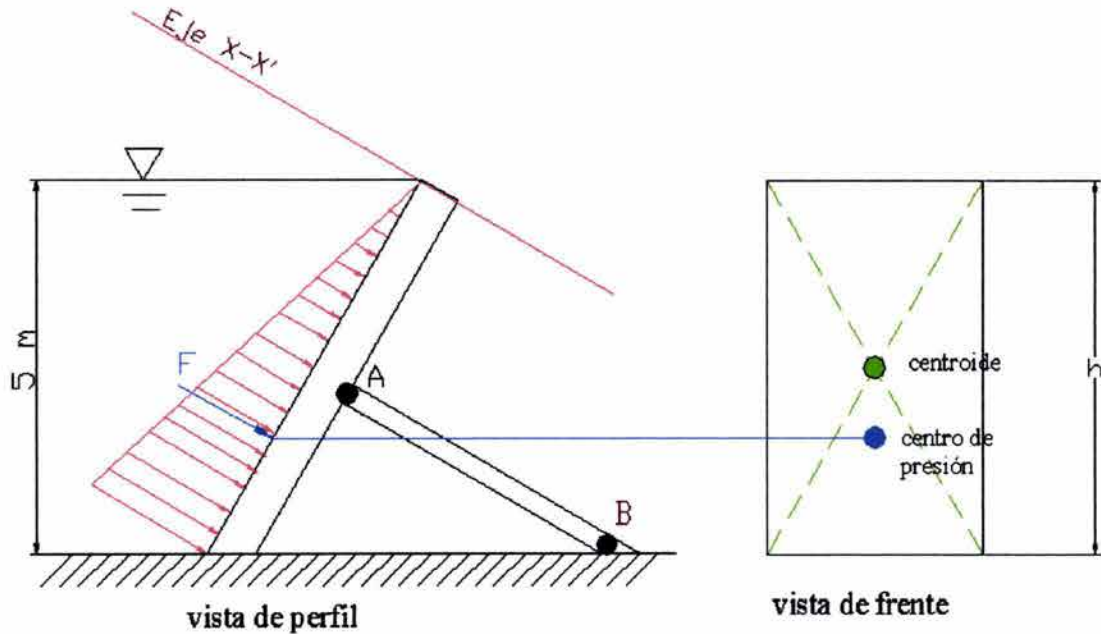


(FIGURA 1)

## SOLUCIÓN DEL PROBLEMA UTILIZANDO EL PRISMA DE PRESIONES:

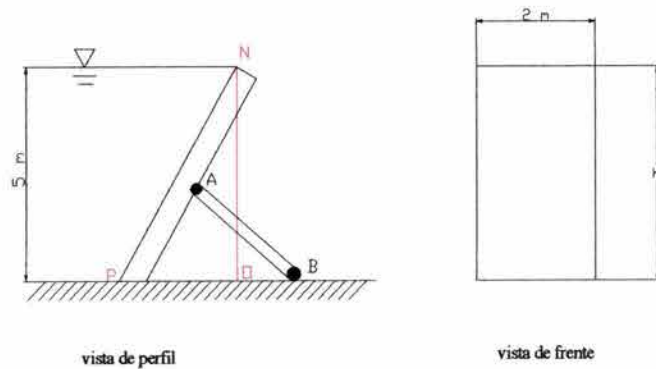
### PRESIONES:

Para resolver este problema es recomendable dibujar el siguiente esquema:



**(FIGURA 2)**

Para calcular el área de la compuerta se necesita saber cuál es el valor del lado  $h$ . Si observamos la figura 3.  $h$  corresponde a la hipotenusa del triángulo  $NOP$ , y se calcula de la siguiente forma:



**(FIGURA 3)**

$$h = \frac{5}{\text{sen } 60}$$

$$h = 5,774 \text{ m}$$

El área por lo tanto es de

$$A = \text{ancho} \cdot \text{altura}$$

$$A = 2 \cdot \frac{5}{\text{sen } 60}$$

$$A = 11,55 \text{ m}^2$$

Para calcular el empuje hidrostático utiliza la siguiente expresión:

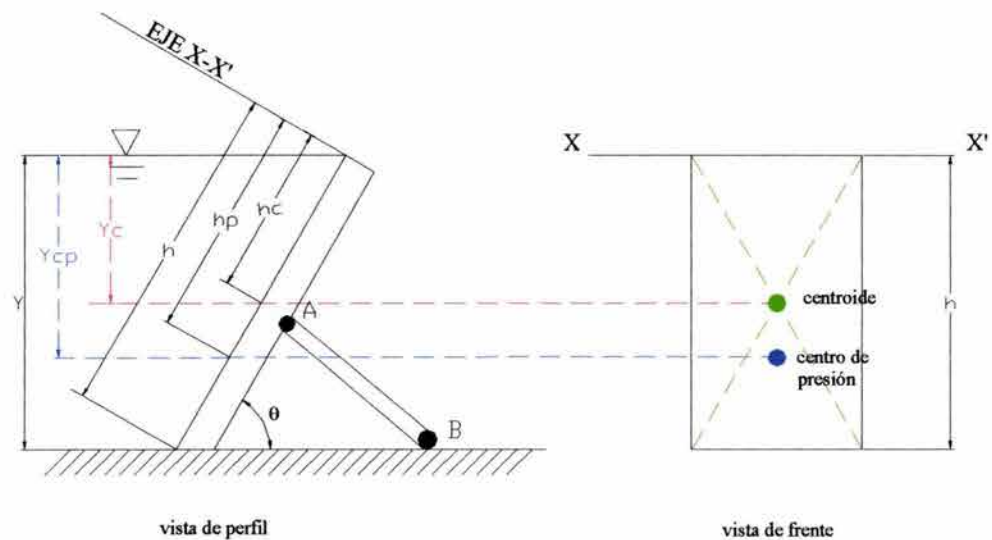
$F = \text{área de la compuerta} \cdot \text{peso específico} \cdot \text{presión al centro de gravedad del área}$

$$F = A \gamma y_c \quad (1)$$

$A$  área de la compuerta

$\gamma$  peso específico del agua (en este ejemplo supondremos que es de  $1000 \text{ kg}_f/\text{cm}^3$ )

$y_c$  profundidad del centro de gravedad del área. (ver figura 4).



(FIGURA 4)

Para calcular esta profundidad  $y_c$  la expresión que se utiliza es la siguiente:

$$y_c = \frac{1}{2} y$$

$$y_c = \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$y_c = 2,5 \text{ m}$$

Conociendo todos los valores de la ecuación (1) se puede calcular el empuje hidrostático:

$$F = 11,55 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 2,5 \text{ m}$$

$$F = 28875 \text{ kg}_f$$

Hasta este momento lo que calculamos fue la fuerza total o resultante ejercida por el agua en reposo, sobre la pared de la presa (Empuje hidrostático).

Ya conocemos la magnitud, dirección y sentido (normal a la superficie) Ahora nos falta saber donde está aplicada esta fuerza.

Para localizar el punto de aplicación de la fuerza total o empuje se necesita saber el momento de inercia del área respecto al eje xx. (ver figura 4)

$$h_p = \frac{I_o}{Ah_c} + h_c \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

$I_o$  momento de Inercia centroidal del área de la compuerta. En este problema se calcula

de la siguiente manera  $I_o = \frac{b \cdot h^3}{12}$  por tratarse de un rectángulo.

$$I_o = \frac{2 \cdot 5,774^3}{12}$$

$$I_o = 32,083 \text{ m}^4$$

$A$  área de la compuerta

$h_c$  la distancia entre el centro de gravedad del área y el eje de las "x". Es decir  $h_c = \frac{h}{2}$  ó

$$h_c = \frac{5,774}{2} = 2,887$$



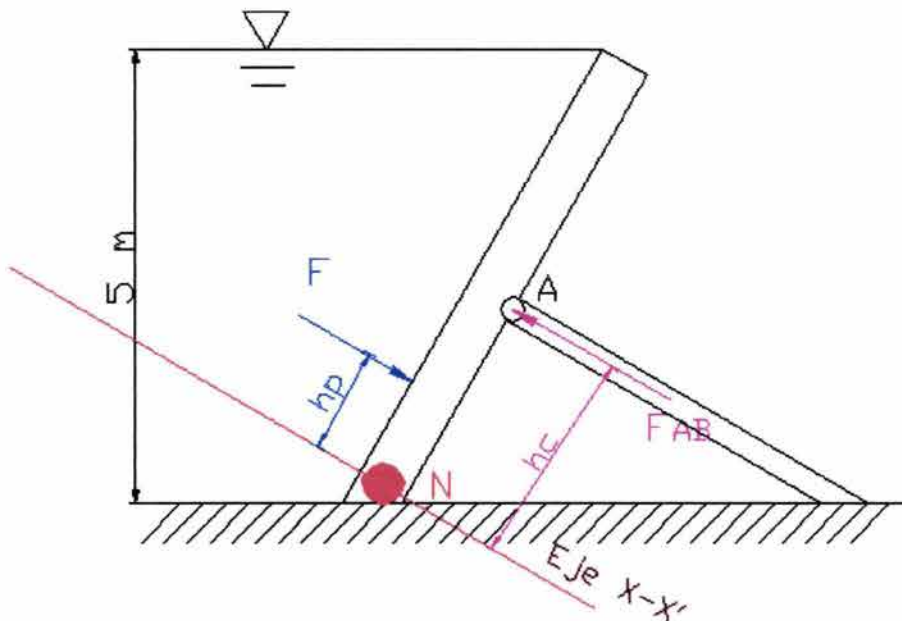
Sustituyendo valores en la ecuación (2):

$$h_p = \frac{32,0833 \text{ m}^4}{11,55 \text{ m}^2 \cdot 2,887 \text{ m}} + 2,887 \text{ m}$$

$$h_p = 3,849 \text{ m}$$

Para determinar la fuerza de reacción en el contrafuerte AB es necesario hacer suma de momentos en algún punto, en este caso escogeremos el punto N (ver figura 5) Dicha suma tiene que ser igual a cero, para que el sistema esté en equilibrio.

¿Recuerdas la definición de Momento?



vista de perfil

(FIGURA 5)

$$\sum M_N = -h_c \cdot F_{AB} + h_p \cdot F = 0$$

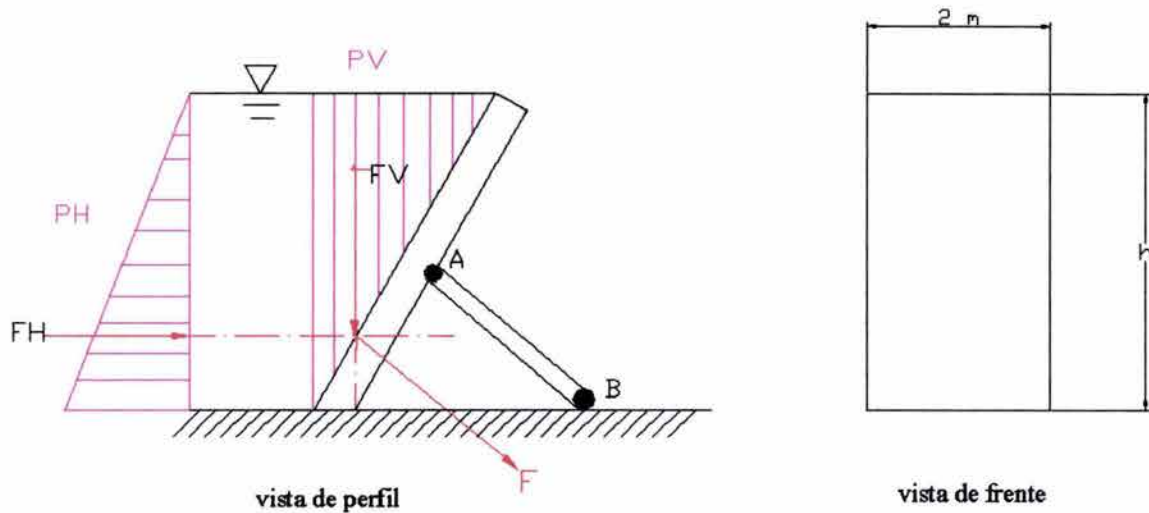
$$2,887 F_{AB} - (5,774 - 3,849) 28875 = 0$$

$$F_{AB} = \frac{55584,375}{2,887}$$

Siendo la fuerza de reacción del contrafuerte  $F_{AB} = 19248,359 \text{ kg}_f$

## SOLUCIÓN POR COMPONENTES DE FUERZAS

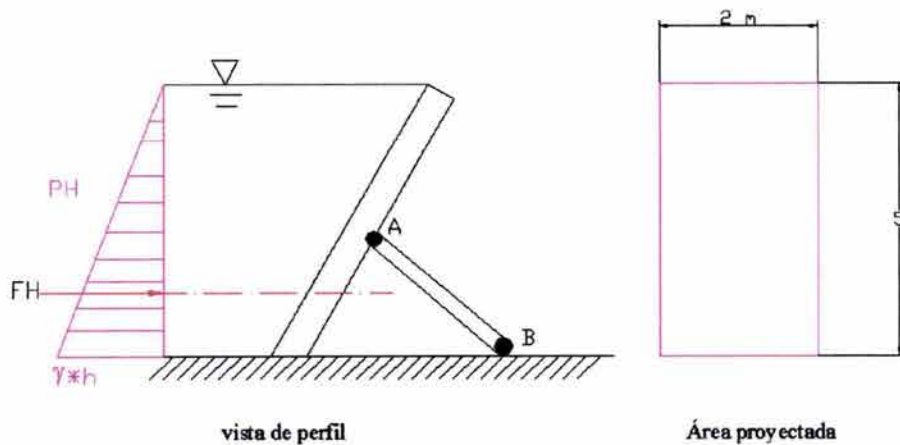
Resolveremos el mismo problema por un método diferente, es decir, descompondremos la fuerza resultante en dos componentes una vertical y otra horizontal, como se muestra en la figura 6.



(FIGURA 6)

Para encontrar la componente horizontal calcularemos la proyección del área y la fuerza de presión como se ve a continuación:

El área proyectada sería de  $5 \cdot 2$ . Donde 5 m es el tirante de agua y 2 m es el ancho de la presa. Y donde la fuerza de presión se comporta como se ve en la figura 7. De tal suerte que en la superficie vale "cero" y al fondo es de  $\gamma \cdot h$ .



(FIGURA 7)

$$F_H = \gamma h \cdot \frac{h \cdot b}{2}$$

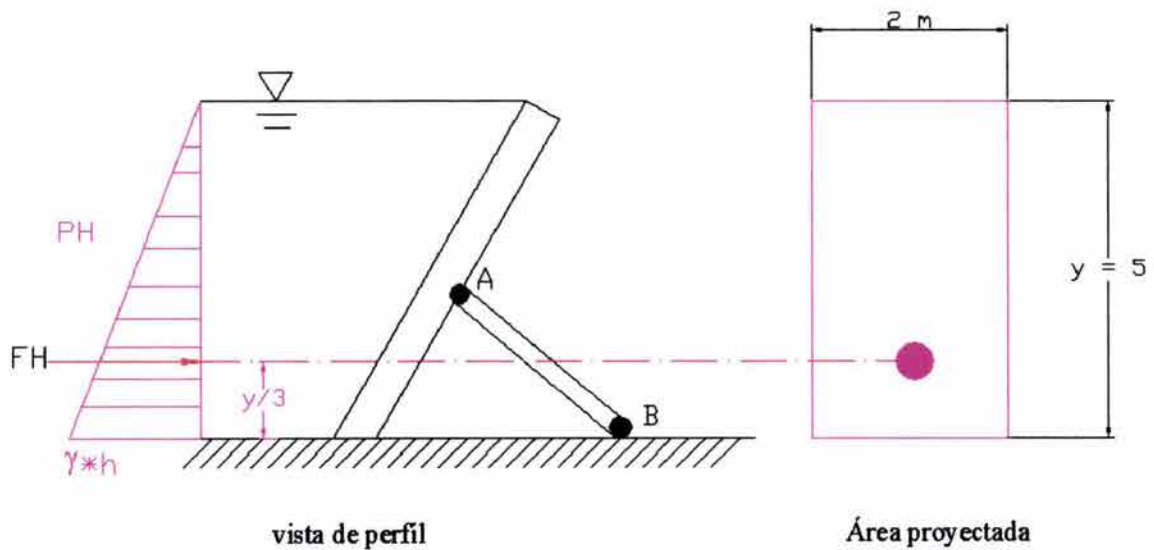
$$F_H = \gamma h^2 \cdot \frac{b}{2}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$F_H = 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 5^2 \text{ m}^2 \cdot \frac{2}{2} \text{ m}$$

$$F_H = 25000 \text{ kg}_f$$

Una vez más sabemos la magnitud de la componente horizontal y para encontrar el centro de presión lo calculamos a un tercio de la base, como se ve en la figura 8.



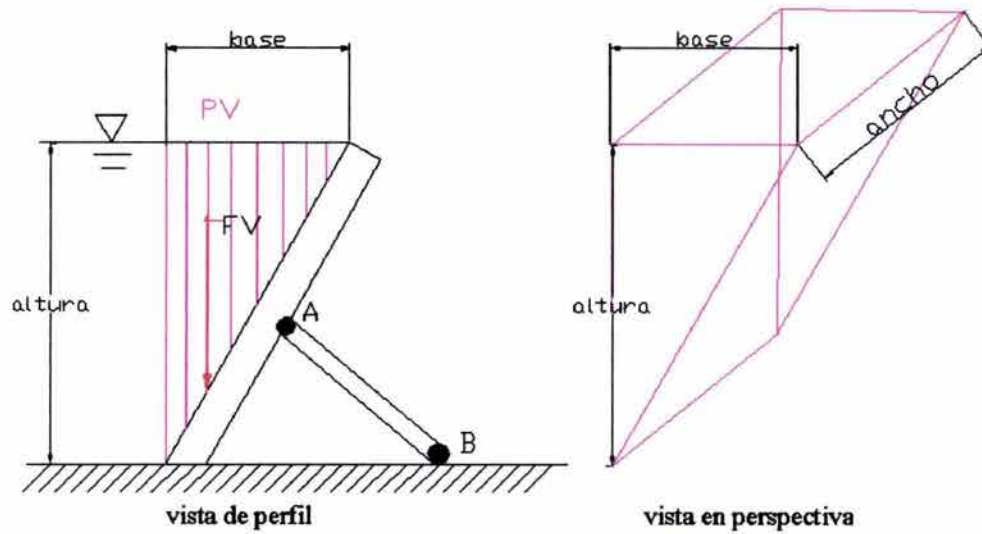
(FIGURA 8)

$$y_h = \frac{y}{3}$$

$$y_h = \frac{5}{3}$$

$$y_h = 1,67 \text{ m}$$

Para calcular la componente vertical tomamos en cuenta el volumen de agua que existe arriba de la compuerta ver figura 9. (peso del agua sobre la compuerta)



(FIGURA 9)

$$F_v = \gamma \cdot V$$

Donde V es el volumen y se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{\text{altura} \cdot \text{base}}{2} \cdot \text{profundidad} \quad \text{dado que se trata de un volumen de un prisma triangular.}$$

$$\text{base} = \frac{5 \text{ sen} 30^\circ}{\text{sen} 60^\circ} = 2,89 \text{ m}$$

$$V = 5 \text{ m} \cdot \frac{2,89}{2} \text{ m} \cdot 2 \text{ m}$$

$$V = 14,434 \text{ m}^3$$

Sustituyendo el volumen y el valor de el peso específico en la expresión de  $F_v$  obtenemos

$$F_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 14,434 \text{ m}^3$$

$$F_v = 14434 \text{ kg}_f$$

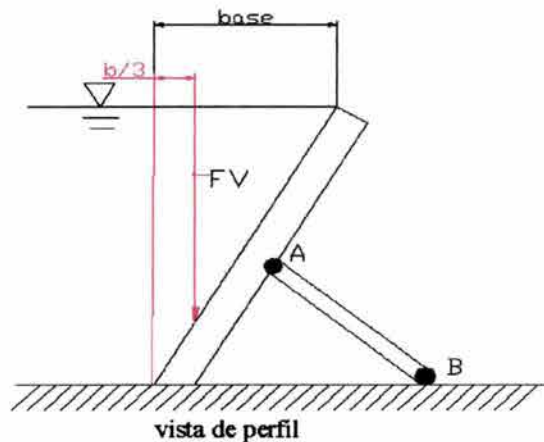


La ubicación de esta fuerza vertical es de  $1/3$  de la base, es decir:

distancia horizontal =  $\frac{b}{3}$  donde  $b$  es la base

$$\frac{1}{3} \cdot 2,89 = 0,96 \text{ m (ver figura 10)}$$

distancia horizontal = 0,96 m distancia horizontal =  $\frac{b}{3}$



(FIGURA 10)

Finalmente para encontrar la resultante de fuerzas calculamos lo siguiente:

$$F = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

$$F = \sqrt{25000^2 + 14434^2}$$

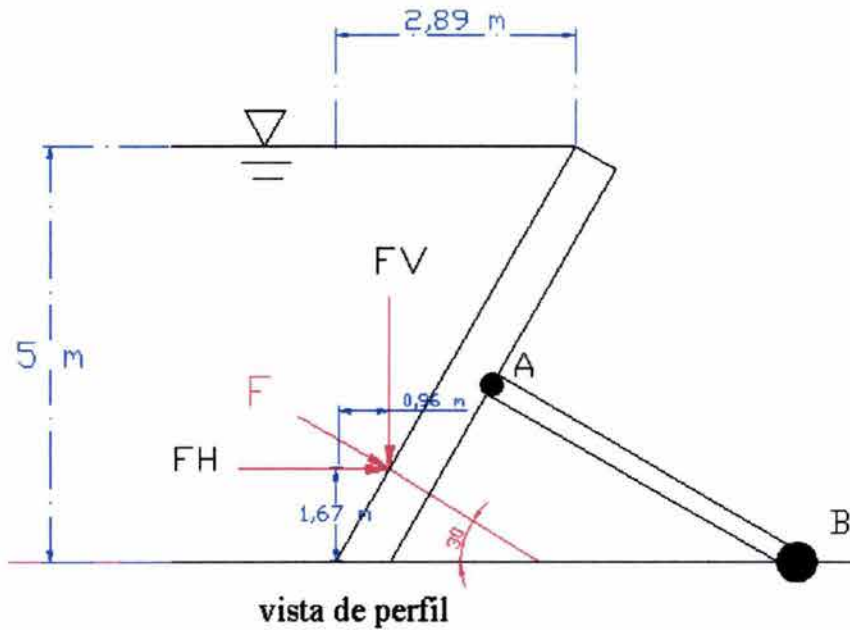
$$F = 28867,635 \text{ kgf}$$

El ángulo en el que se encuentra esta resultante se calcula como sigue:

$$\alpha = \text{ang tan} \frac{F_v}{F_h}$$

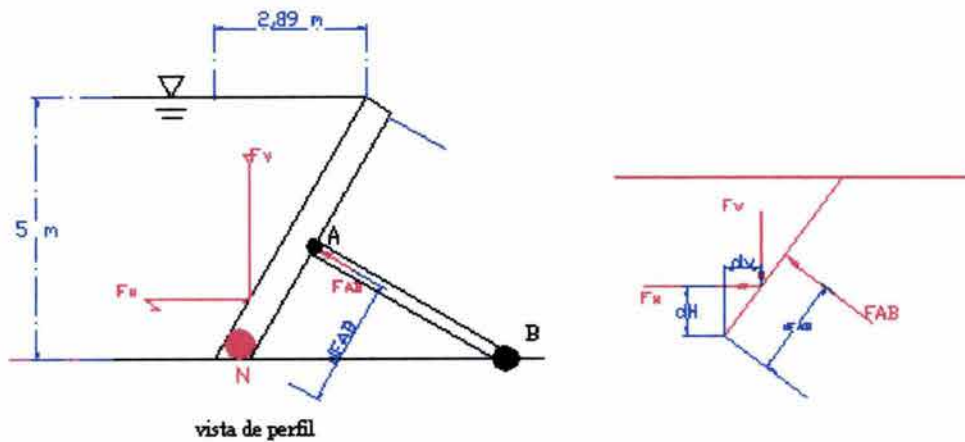
$$\alpha = \text{ang tan} \frac{14434}{25000}$$

$$\alpha = 30^\circ$$



**(FIGURA 11)**

Para encontrar la fuerza de reacción ( $F_{AB}$ ) del contrafuerte AB escogemos un punto en la presa donde podamos hacer suma de momentos.



**(FIGURA 12)**

Si establecemos la suma de momentos en el punto N, como se ve en la figura anterior, la ecuación sería:

$$\sum M_N = -d_{FAB} \cdot F_{AB} + d_V \cdot F_V + d_H \cdot F_H = 0$$

Donde:

$\sum M_N$  suma de momentos en el punto N

$d_V$  distancia del punto N a la fuerza  $F_V$

$F_V$  componente vertical del empuje

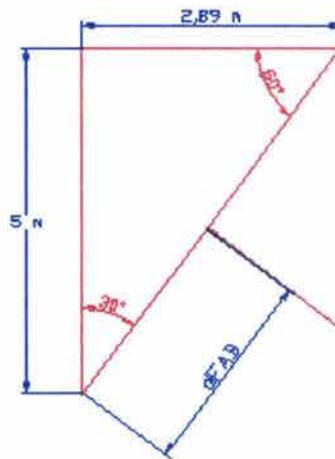
$d_{VH}$  distancia del punto N a la fuerza  $F_H$

$F_H$  componente horizontal del empuje

$d_{FAB}$  distancia del punto N a la fuerza  $F_{AB}$

$F_{AB}$  fuerza de reacción del contrafuerte

Nos faltaría establecer las distancias que existen de este punto a cada una de las fuerzas, para ello podemos usar la trigonometría y encontrar estas distancias de la siguiente forma:



(FIGURA 14)

Para el caso de  $d_{FAB}$  resulta ser la mitad de la longitud de la compuerta, como se muestra en la siguiente figura:

Entonces se puede calcular  $d_{FAB}$  como  $d_{FAB} = \frac{\sqrt{5^2 + 2,89^2}}{2} = 2,89 \text{ m}$

*¿Existe algún otro punto desde donde puedas hacer la suma de momentos?*

Regresemos ahora a lo que nos pide el problema. Calcular la fuerza resistente  $F_{AB}$

Si se sustituyen valores en la ecuación  $\sum M_N = -d_{FAB} \cdot F_{AB} + d_V \cdot F_V + d_H \cdot F_H = 0$  y se despeja  $F_{AB}$ , se obtiene:

$$\sum M_N = -2,89 \cdot F_{AB} + \left(\frac{1}{3} \cdot 2,89\right) \cdot 14434 + \left(\frac{1}{3} \cdot 5\right) \cdot 25000 = 0$$

$$F_{AB} = \frac{55571,185}{2,887}$$

$$F_{AB} = 19248,76 \text{ kg}_f$$

Si se comparan los valores obtenidos por los dos métodos, se puede observar que son muy similares:

MÉTODO DE PRISMA DE PRESIÓN	METODO DE COMPONENTES
$F_{AB} = 19248,359 \text{ kg}_f$	$F_{AB} = 19248,76 \text{ kg}_f$

*¿A qué atribuyes que los valores no sean exactamente iguales?*

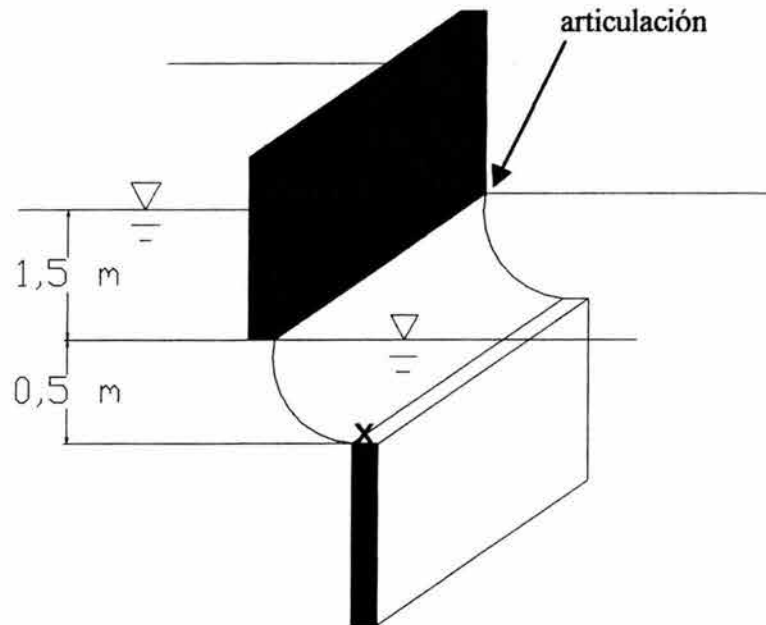
*¿Qué método te pareció más sencillo para resolver este problema, y por qué?*

*El problema anterior lo resolvimos usando el sistema técnico, para ambos métodos. Si tuvieras la densidad específica del agua:*

- 1. ¿Cómo calcularías el empuje?*
- 2. Resuelve este mismo problema usando una densidad específica de  $980 \text{ kg/m}^3$ . Utiliza el método que te parezca más fácil para llegar a la solución.*



II.3.2 La compuerta radial articulada en su parte superior contiene a dos tanques con superficie libre del agua como se muestra en la figura, calcula:

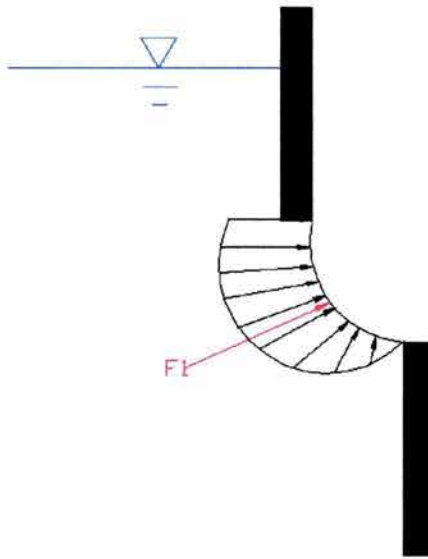


(Figura 1)

- El empuje hidrostático resultante (considera que ancho de la compuerta es de 1 m)
- El Centro de presiones.
- El ángulo que este empuje tiene con respecto a la horizontal.
- La fuerza necesaria para mantener el equilibrio en el punto "X".

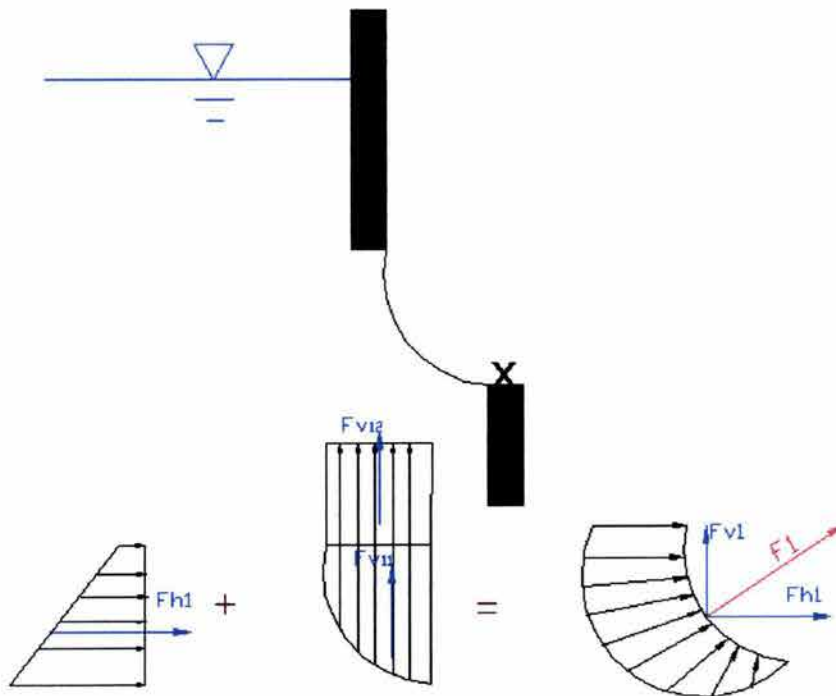
Lo primero que necesitamos hacer es dibujar un diagrama para visualizar el empuje en la compuerta.

Imaginemos que el agua sólo se encuentra del lado izquierdo, entonces el empuje del agua en la compuerta sería como se ve en la figura (2).



**(FIGURA 2)**

Como podemos observar, es más complicado calcular el empuje en esta superficie curva. Tendríamos que integrar la presión en toda la superficie y después buscar el punto de aplicación de esta presión. Para resolver este problema de forma más sencilla, se sugiere utilizar el método de componentes. Figura (3)



**(FIGURA 3)**

Para la componente horizontal  $Fh_1$  la presión horizontal en la compuerta es:

$$Fh_1 = A\gamma y_c$$

Donde:

$A$  área de la compuerta proyectada verticalmente

$\gamma$  peso específico del agua (en este ejemplo supondremos que es de  $1000 \text{ kg}_f/\text{m}^3$ )

$y_c$  profundidad del centro de gravedad del área..

$$y_c = 1,5 + \frac{0,5}{2} = 1,75 \text{ m}$$

$$A = l \cdot a$$

$$A = 0,5 \cdot 1$$

$$A = 0,5 \text{ m}^2$$

Entonces tenemos que:

$$Fh_1 = 0,5 \text{ m}^2 \cdot 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 1,75 \text{ m}$$

$$Fh_1 = 875 \text{ kg}_f$$

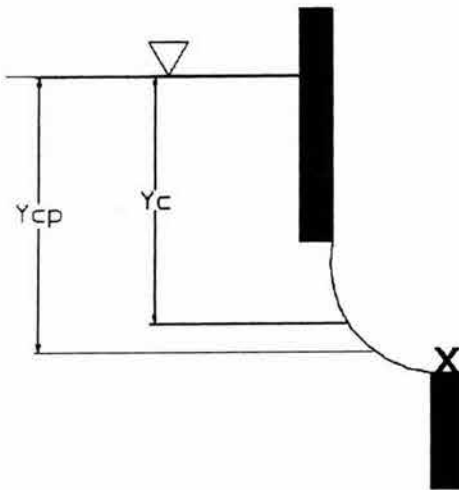
Para saber donde esta aplicada la componente horizontal es necesario calcular el centro de presión  $y_{cp}$  con la siguiente expresión:

$$y_{cp} = \frac{I_o}{Ay_c} + y_c$$

$I_o$  momento de inercia con respecto al eje  $xx'$  (ver figura 5).

$A$  área de la compuerta proyectada verticalmente

$y_c$  profundidad del centro de gravedad del área (1,75 m)

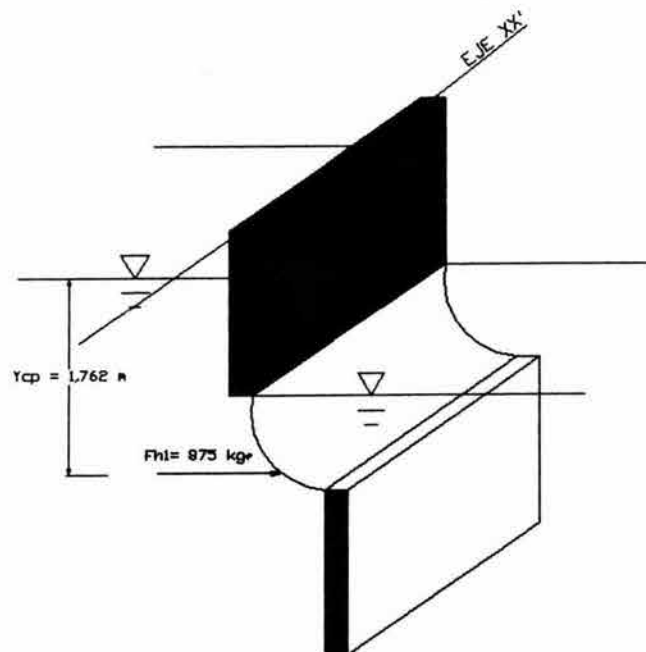


(FIGURA 4)

$$y_{cp} = 1,75 + \frac{\left(\frac{1 \cdot 0,5^3}{12}\right)}{(1 \cdot 0,5)(1,75)}$$

$$y_{cp} = 1,762 \text{ m}$$

Por lo tanto la componente horizontal de la presión tiene una magnitud de 875 kg<sub>f</sub> y está aplicada a 1,762 m medidos desde la superficie libre del agua.



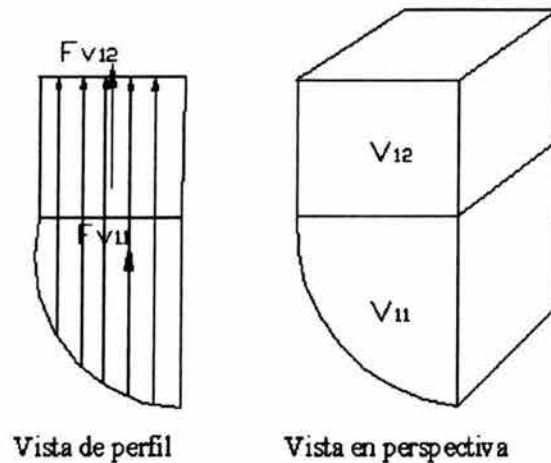
(FIGURA 5)



Ahora es necesario encontrar la componente vertical de la presión así como su ubicación. Para ello tenemos que calcular el volumen desplazado por la compuerta radial.

Como podemos observar en la figura, son dos volúmenes y por lo tanto dos fuerzas  $F_{v11}$  y  $F_{v12}$ .

*¿Qué principio estás aplicando aquí?*



**(FIGURA 6)**

$$F_{v11} = \gamma \cdot V_{11}$$

$$F_{v12} = \gamma \cdot V_{12}$$

Donde

$\gamma$  es el peso específico del agua (en este problema usaremos  $\text{kg}_f/\text{m}^3$ )

$V_{11} + V_{12}$  es el volumen de agua desplazado por la compuerta, el cual se calcula como se muestra a continuación:

**Cálculo de  $V_{11}$**

$$V_{11} = \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot l$$

Donde:

- $r$  radio de la compuerta.
- $l$  ancho de la compuerta

Sustituyendo valores para encontrar el volumen  $V_{11}$ :

$$V_{11} = \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} \cdot 1$$

$$\underline{V_{11} = 0,1963 \text{ m}^3}$$

### Cálculo de $V_{12}$

$$V_{12} = l \cdot h \cdot r$$

Donde:

- $r$  radio de la compuerta.
- $l$  ancho de la compuerta
- $h$  profundidad

Sustituyendo valores para encontrar el volumen  $V_{12}$ :

$$V_{12} = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,5$$

$$\underline{V_{12} = 0,75 \text{ m}^3}$$

Para encontrar  $F_{v11}$  y  $F_{v12}$  sustituimos en las ecuaciones:

$$F_{v11} = \gamma \cdot V_{11}$$

$$F_{v12} = \gamma \cdot V_{12}$$

$$F_{v11} = 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 0,1963 \text{ m}^3$$

$$\underline{F_{v11} = 196,3 \text{ kg}_f}$$

$$F_{v12} = 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 0,75 \text{ m}^3$$

$$\underline{F_{v12} = 750 \text{ kg}_f}$$

Ahora es necesario ubicar el lugar donde se aplican estas fuerzas.

El centroide de  $F_{v11}$  se encuentra a  $\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi}$

$$x_{cp11} = \frac{4 \cdot 0,5}{3 \cdot \pi}$$

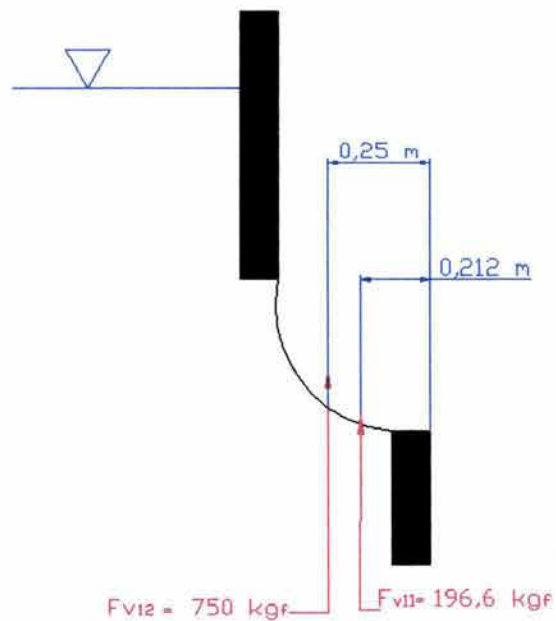
$$\underline{x_{cp11} = 0,212 \text{ m}}$$

y para  $F_{v12}$  el centroide se encuentra a la mitad de  $r$  (ver figura 7.1).

$$x_{cp12} = \frac{r}{2}$$

$$x_{cp12} = \frac{0,5}{2}$$

$$\underline{x_{cp12} = 0,25 \text{ m}}$$



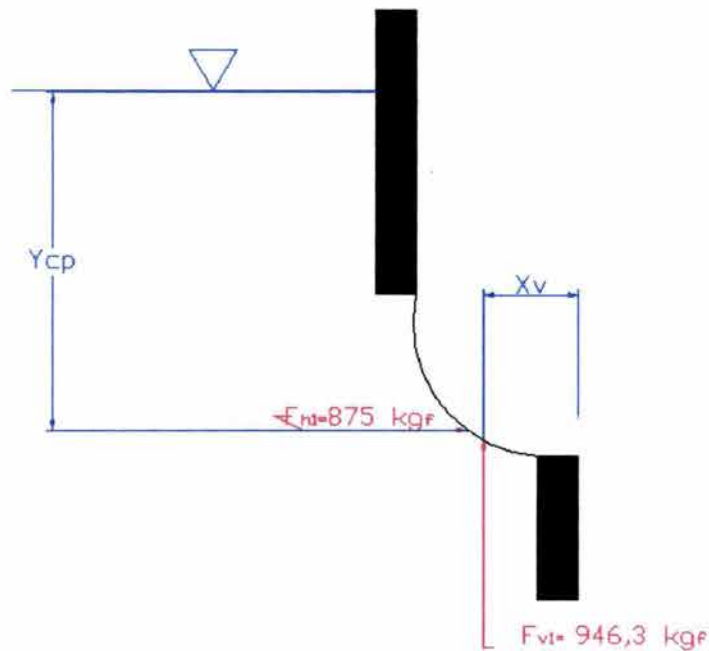
**(FIGURA 7.1)**

Si sumamos la componente  $F_{v11}$  y  $F_{v12}$  obtenemos la componente vertical total  $F_{v1}$

$$F_{v11} + F_{v12} = F_{v1}$$

$$F_{v1} = 196,3 + 750$$

$$\underline{F_{v1} = 946,3 \text{ kgf}}$$



(FIGURA 7.2)

Para obtener la resultante del empuje en este lado de la compuerta, empleamos la siguiente expresión:

$$F_l = \sqrt{F_{hl}^2 + F_{vl}^2}$$

$$F_l = \sqrt{875^2 + 946,3^2}$$

$$F_l = 1288,84 \text{ kgf}$$

Lo siguiente es calcular el ángulo de aplicación del empuje, lo cual se hace como sigue:

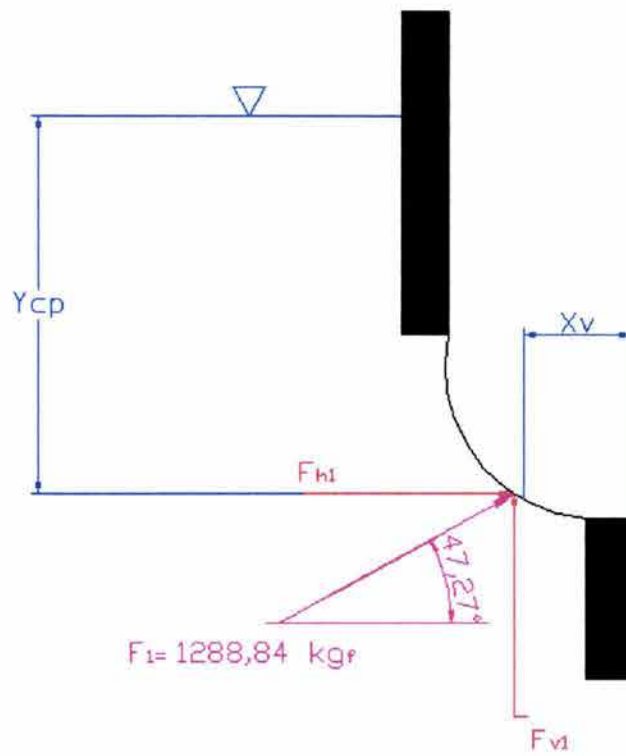
$$\alpha = \text{ang tan } \frac{F_{vl}}{F_{hl}}$$

$$\alpha = \text{ang tan } \frac{946,3}{875}$$

$$\alpha = 47,27^\circ$$

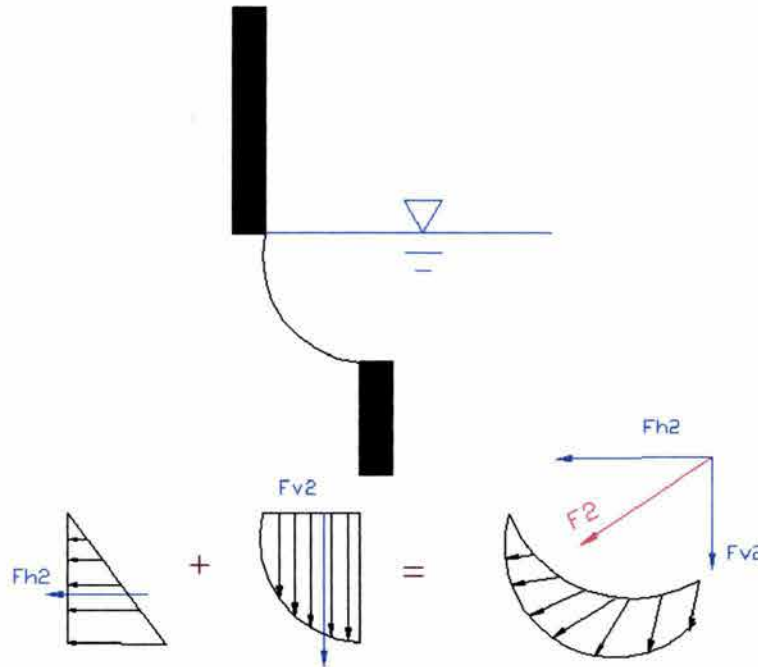
El diagrama de fuerzas se presenta a continuación: (FIGURA 8)





**(FIGURA 8)**

## CÁLCULO DEL LADO DERECHO DE LA COMPUERTA:



(FIGURA 9)

Para la componente horizontal  $F_{h2}$  la presión horizontal en la compuerta es:

$$F_{h2} = A\gamma y_{c2}$$

Donde:

$A$  área de la compuerta

$\gamma$  peso específico del agua (en este ejemplo supondremos que es de  $1000 \text{ kg}/\text{cm}^3$ )

$y_{c2}$  profundidad del centro de gravedad del área.

$$y_{c2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ m}$$

$$A = l \cdot a$$

$$A = 0,5 \cdot 1$$

$$A = 0,5 \text{ m}^2$$

Calculemos la presión horizontal:

$$F_{h_2} = 0,5 \text{ m}^2 \cdot 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 0,25 \text{ m}$$

$$F_{h_2} = 125 \text{ kg}_f$$

Para encontrar la ubicación donde se aplica la componente horizontal  $F_{h_2}$  calculamos el centro de presión  $y_{cp2}$  con la siguiente expresión:

$$y_{cp2} = \frac{I_o}{Ay_{c2}} + y_{c2}$$

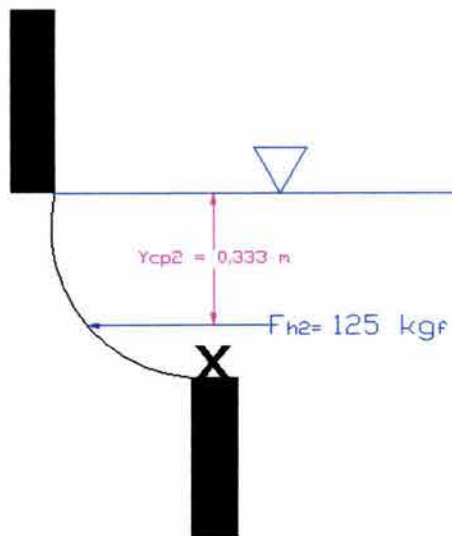
$I_o$  momento de inercia con respecto al eje  $xx'$  (ver figura 5).

$A$  área de la compuerta

$y_{c2}$  profundidad del centro de gravedad del área (1,75 m)

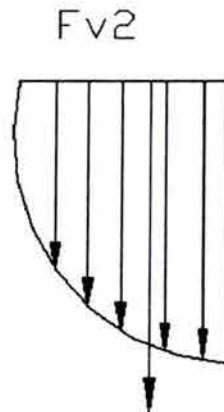
$$y_{cp2} = 0,25 + \frac{\left(\frac{1 \cdot 0,5^3}{12}\right)}{(1 \cdot 0,5)(0,25)}$$

$$y_{cp2} = 0,333 \text{ m}$$



(FIGURA 10)

Encontremos la componente vertical de la presión y su ubicación



(FIGURA 11)

$$F_{v2} = \gamma \cdot V$$

Donde

$\gamma$  es el peso específico del agua (en este problema usaremos  $\text{kg}_f/\text{m}^3$ )

$V$  es el volumen de agua desplazado por la compuerta, el cual se calcula como se muestra a continuación:

$$V = \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot l$$

Donde:

- $r$  radio de la compuerta.
- $l$  ancho de la compuerta

Sustituyendo valores para encontrar el volumen:

$$V = \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} \cdot 1$$

$$V = 0,1963 \text{ m}^3$$



Y finalmente para encontrar  $F_{v2}$  sustituimos en la ecuación:

$$F_{v2} = 1000 \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \cdot 0,1963 \text{m}^3$$

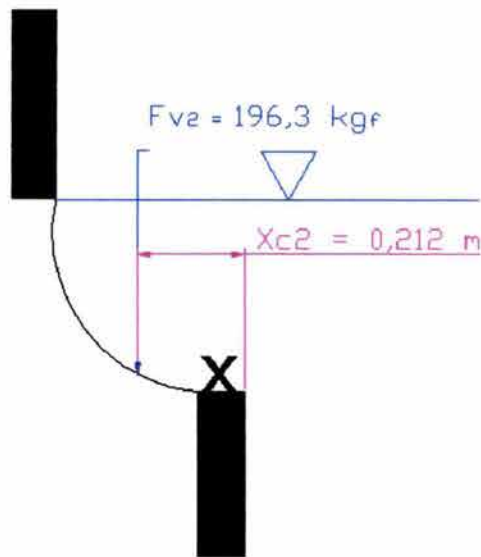
$$F_{v2} = 196,3 \text{ kg}_f$$

Ubiquemos el lugar donde se aplica esta fuerza.

El centroide de esta figura se encuentra a  $\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi}$  (ver figura 12)

$$x_{cp2} = \frac{4 \cdot 0,5}{3 \cdot \pi}$$

$$x_{cp2} = 0,212 \text{ m}$$



(FIGURA 12)

Para obtener la resultante del empuje en este lado de la compuerta, empleamos la siguiente expresión:

$$F_2 = \sqrt{F_{h2}^2 + F_{v2}^2}$$

$$F_2 = \sqrt{125^2 + 196,3^2}$$

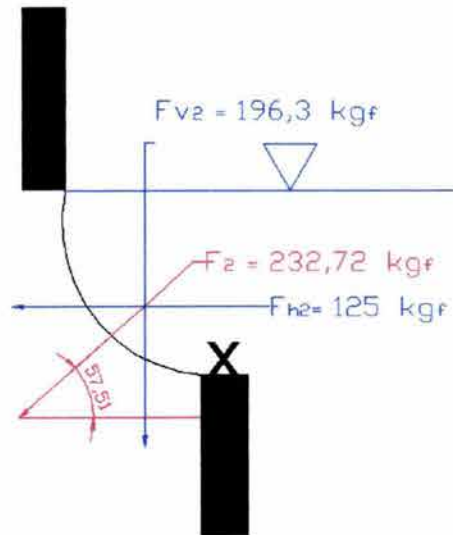
$$F_2 = 232,72 \text{ kg}_f$$

calculamos el ángulo de aplicación del empuje, al igual que en el otro lado de la compuerta:

$$\alpha = \text{ang tan } \frac{F_{v2}}{F_{h2}}$$

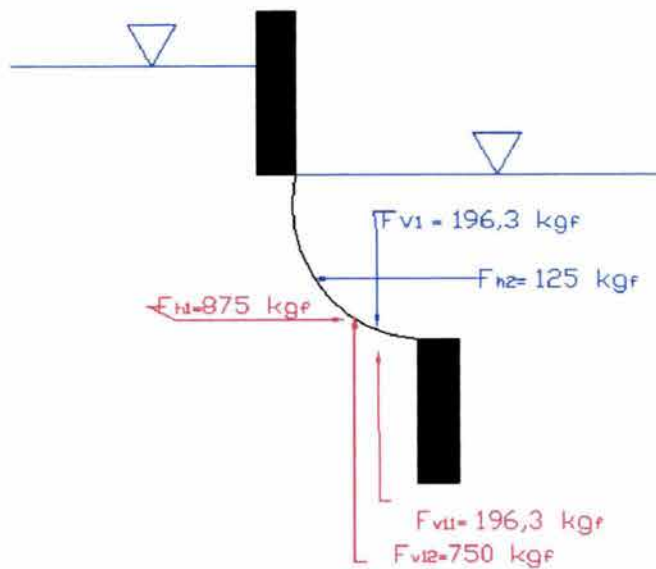
$$\alpha = \text{ang tan } \frac{196,3}{125}$$

$$\alpha = 57,51^\circ$$



(FIGURA 13)

Si observamos la fuerza  $F_{v11}$  tiene la misma magnitud que  $F_{v2}$  pero están aplicadas en sentidos opuestos por lo cual se anulan.



(FIGURA 14)

Las fuerzas  $F_{v12}$ ,  $F_{h1}$  y  $F_{h2}$  son las que utilizaremos para calcular el inciso: d) la fuerza necesaria para mantener el equilibrio en el punto "X".

Para garantizar el equilibrio en "X" podemos utilizar las siguientes dos ecuaciones:

$\sum F_x = 0$  y  $\sum F_y = 0$ , esto quiere decir que la compuerta no se desplazará verticalmente u horizontalmente y por ello decimos que esta en equilibrio.

$$\sum F_x = F_{h1} - F_{h2} - P_h$$

$$875 - 125 - P_h = 0$$

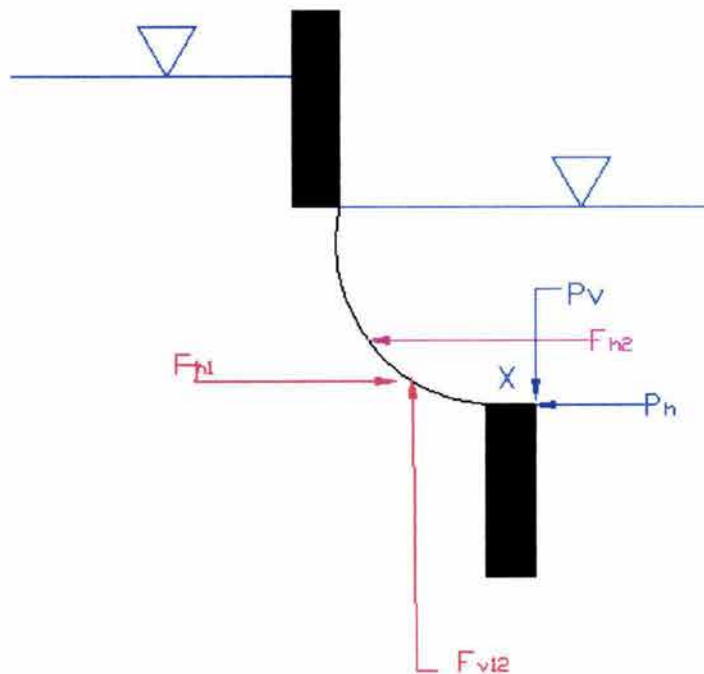
$$P_h = 750 \text{ kgf}$$

$$\sum F_y = F_{v12} - P_v$$

$$750 - P_v = 0$$

$$P_v = 750 \text{ kgf}$$

Si dibujamos un diagrama de cuerpo libre para este inciso, tendríamos lo siguiente (figura15)



(FIGURA 15)

Y la fuerza resultante para mantener el equilibrio en "X" se calcula como sigue:

$$P = \sqrt{P_h^2 + P_v^2}$$

$$P = \sqrt{750^2 + 750^2}$$

$$P = 1060,66 \text{ kg}_f$$

El resultado final sería una fuerza  $P = 1060,66 \text{ kg}_f$  con la cual se mantendría el equilibrio en el punto X.

Aún no hemos contestado a los incisos a), b) y c).

Para el inciso

a) El empuje hidrostático resultante (considera que ancho de la compuerta es de 1 m)

El empuje total sería:

$$E = \sqrt{E_H^2 + E_V^2} \quad (\text{A})$$

Donde

E Empuje total en la compuerta

$E_H$  Empuje horizontal total que se calcula de la siguiente forma:

$$E_H = F_{h1} + F_{h2}$$

$F_{h1}$  Empuje horizontal del lado izquierdo de la compuerta.

$F_{h2}$  Empuje horizontal del lado derecho de la compuerta.

$$E_H = 875 \text{ kg}_f - 125 \text{ kg}_f$$

$$E_H = 750 \text{ kg}_f$$

$E_V$  Empuje vertical total en la compuerta. Calculado como:

$$E_V = F_{V11} - F_{V1} + F_{V12}$$

Donde:

$F_{V11}$  Componente del Empuje vertical del lado izquierdo de la compuerta, correspondiente a el cuarto de cilindro.

$F_{V12}$  Componente del Empuje vertical del lado izquierdo de la compuerta, correspondiente a el cubo (ver figura 6).

$F_{V1}$  Empuje vertical del lado derecho.



Sustituyendo valores encontramos que

$$E_V = 196,3 \text{ kg}_f - 196,3 \text{ kg}_f + 750 \text{ kg}_f$$

$$E_V = 750 \text{ kg}_f$$

Finalmente sustituimos  $E_H$  y  $E_V$  en la ecuación (A)

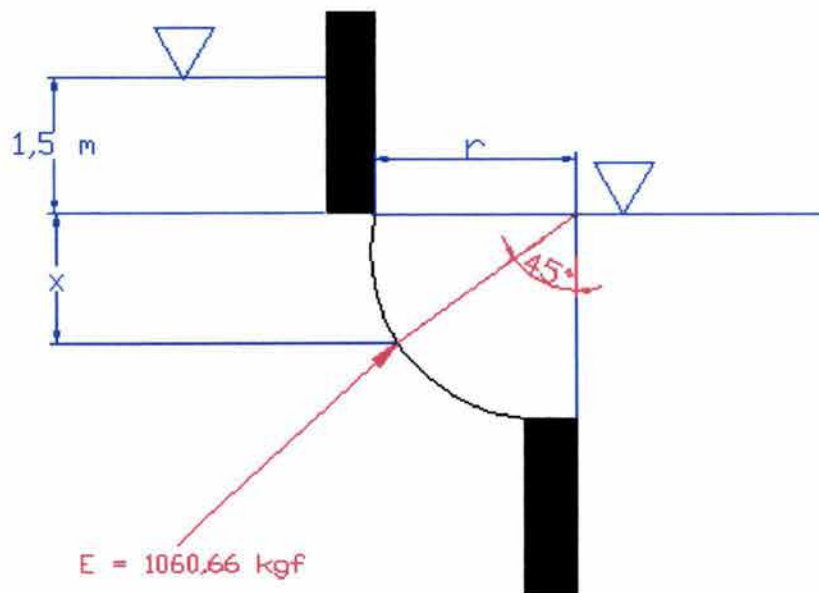
$$E = \sqrt{750^2 + 750^2}$$

$$E = 1060,66 \text{ kg}_f$$

Para encontrar los incisos:

- b) El Centro de presiones.
- c) El ángulo que este empuje tiene con respecto a la horizontal.

Empecemos mostrando la siguiente figura:



(FIGURA 16)

Para encontrar x

$$x = r \cdot \text{sen}\theta$$

$$x = 0,5 \cdot \text{sen}45$$

$$x = 0,354 \text{ m}$$

si sumamos  $x + 1,5$  encontramos el centro de presiones.

$$C_p = 1,5 + 0,354$$

$$C_p = 1,854 \text{ m}$$

Finalmente podemos hacer una tabla de resultados:

INCISOS	RESULTADOS
a) El empuje hidrostático resultante	$E = 1060,66 \text{ kg}_f$
b) El Centro de presiones.	$C_p = 1,854 \text{ m}$
c) El ángulo que este empuje tiene con respecto a la horizontal	$\alpha = 45^\circ$
d) La fuerza necesaria para mantener el equilibrio en el punto "X".	$P = 1060,66 \text{ kg}_f$

Como podemos apreciar E y P son iguales pero de sentidos opuestos.

## II.4 Principio de Arquímedes.

II.4.1 Un bloque de concreto tiene un volumen total de  $1 \text{ m}^3$  y una gravedad específica de 1,67. Se encuentra atado a un cilindro (como se observa en la figura 2.4.1) Dicho cilindro tiene 3 m de largo y un diámetro de 72 cm. Existen 12 cm que permanecen fuera del agua. Determina el peso del cilindro.

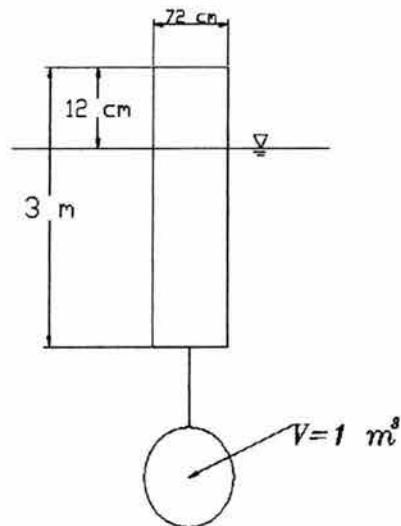


FIGURA 2.4.1

Para este problema es conveniente dibujar un diagrama de cuerpo libre como el que se muestra a continuación:

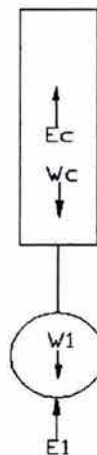


FIGURA 2.4.2

Donde:

- $W_c$  peso del cilindro
- $W_1$  peso del muerto de concreto
- $E_c$  Empuje que recibe el cilindro
- $E_1$  Empuje que recibe el muerto de concreto.

Así para encontrar  $W_c$  es necesario plantear la siguiente ecuación:

$$W_c = E_c + E_1 - W_1$$

El valor de cada uno de los componentes de esta ecuación se calcula como:

$$E_c = \text{volumen del cilindro} \cdot \text{peso específico del agua}^1$$

$$E_c = \frac{\pi D^2}{4} \cdot y \cdot \gamma_o$$

Donde:

$D$  diámetro del cilindro

$y$  altura del cilindro que se encuentra sumergida.

$$E_c = \frac{\pi(0,72)^2}{4} \text{ m}^2 \cdot 2,88 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$E_c = 1172,6 \text{ kg}$$

$$E_1 = \text{volumen del muerto de concreto} \cdot \text{peso específico del agua}$$

$$E_1 = 1 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$E_1 = 1000 \text{ kg}$$

$$W_1 = \text{volumen del muerto de concreto} \cdot \text{peso específico del concreto}$$

$$W_1 = V \cdot \gamma_o \cdot \delta^2$$

$$W_1 = 1 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,67$$

$$W_1 = 1670 \text{ kg}$$

Con los valores encontrados y sustituyendo en la ecuación (1) encontramos el peso del cilindro:

$$W_c = 1172,6 + 1000 - 1670$$

$$W_c = 502,6 \text{ kg}$$

<sup>1</sup> Para facilidades de cálculo en este problema se considera que el peso específico del agua sea de  $1000 \text{ kg/cm}^3$

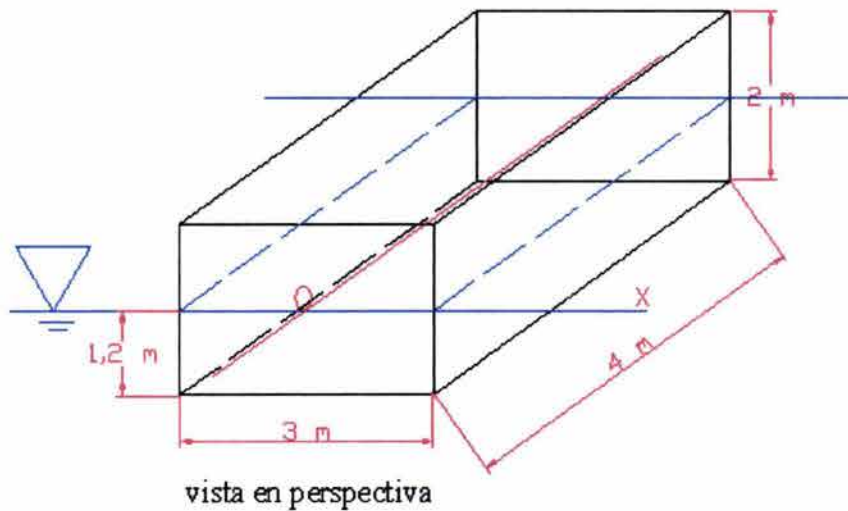
<sup>2</sup> Es importante observar que el dato proporcionado en el ejercicio es la gravedad relativa, la cual carece de unidades por estar referida al agua, por lo tanto es necesario calcular el peso específico  $\gamma = \delta \cdot \gamma_o$



## 5. Elementos de Flotación

Una caja rectangular con las siguientes medidas 3 m de ancho, 4 m de largo y con una altura de 2 m, se sumerge en agua. La parte que se encuentra sumergida tiene una profundidad de 1,2 m. Calcula:

- La altura del metacentro.
- El momento que se necesita para estabilizar la caja en el mar, si su ángulo de inclinación es de  $8^\circ$

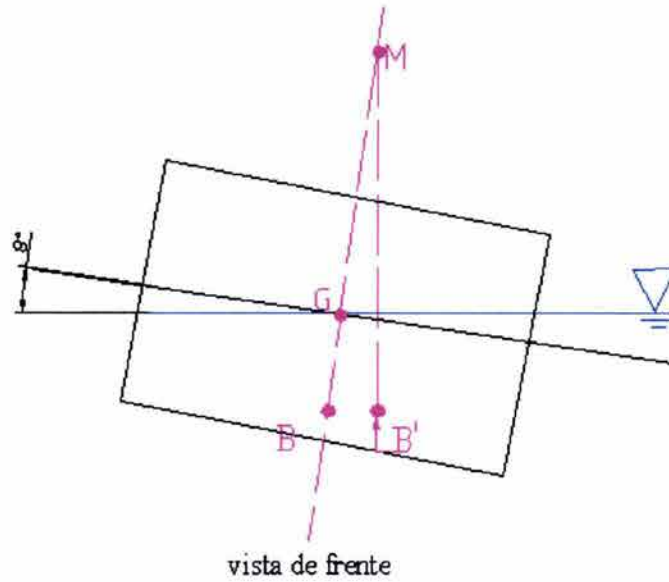


(FIGURA 1)

SOLUCIÓN:

- La altura del metacentro puede definirse como la distancia que existe entre el metacentro y el centro de gravedad, y se estima de la siguiente forma:

$$\overline{GM} = \overline{MB} - \overline{GB} \quad (1)$$



(FIGURA 2)

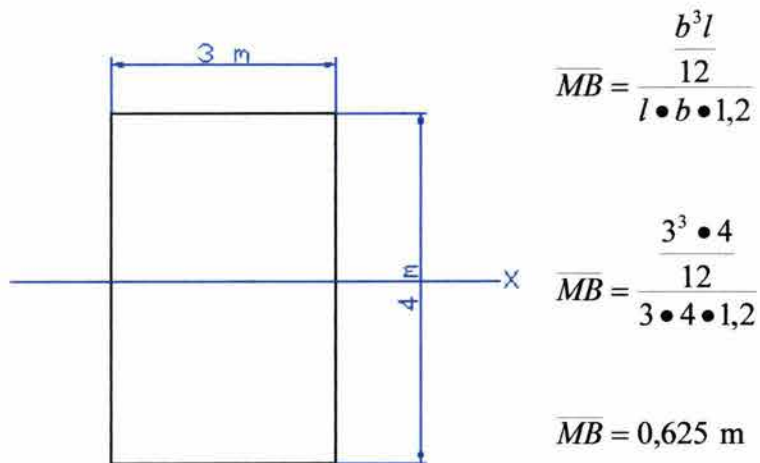
Donde :

$\overline{MB}$  Distancia del metacetro al centro de flotaci3n.

$$\overline{MB} = \frac{I_0}{Vol} \quad (2)$$

$I_0$  -momento de inercia del 1rea de la secci3n de la caja a nivel de la superficie de flotaci3n.

$Vol$  -volumen sumergido



(FIGURA 3)

$\overline{GB}$  Distancia entre el centro de gravedad y el centro de flotación con respecto al eje longitudinal "x" que pasa por O.

$$\overline{GB} = \frac{h}{2} - \frac{1,2}{2} \quad (3)$$

$$\overline{GB} = \frac{2}{2} - \frac{1,2}{2}$$

$$\overline{GB} = 0,4 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (1).

$$\overline{GM} = 0,625 - 0,4$$

$$\overline{GB} = 0,225 \text{ m}$$

- b) La gravedad específica del agua de mar es 1,03. Si calculamos el momento para estabilizar la caja.

$$M = W \cdot \overline{GM} \cdot \text{sen} \theta \quad (4)$$

Donde :

W peso de la caja (utilizando el principio de Arquímedes)

$$M = \gamma_0 \cdot \gamma \cdot \text{Vol}$$

$\gamma_0$  peso específico del agua

$\gamma$  gravedad relativa

Vol volumen de agua desplazado

Sustituyendo valores en (4)

$$M = 9810 \frac{N}{m^3} \cdot 1,03 \text{ m}(4 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 1,02 \text{ m}) \text{sen} 8$$

$$\underline{M = 4556,24 \text{ N-m}}$$

## VI.2 Actividades de autoevaluación.

Los ejercicios propuestos tienen las siguientes finalidades:

- Apoyar al estudiante en la revisión de conceptos relacionados con el tema de Hidrostática.
- Fomentar la auto-evaluación y regulación del aprendizaje.

Para resolver los siguientes ejercicios propuestos, puedes ayudarte de los anexos y de los ejemplos ya resueltos.

### 1 Ley de Pascal.

1.1 Los diámetros de dos pistones cilíndricos F y W miden 3 y 20 cm, respectivamente. Ambos pistones se encuentran a la misma elevación y el líquido contenido en el recipiente es aceite hidráulico incompresible. Una fuerza P de 100 N es aplicada al final de la viga (ver figura). ¿Qué peso puede soportar el pistón W, para que permanezcan en el mismo nivel los pistones?



### 2 Presiones absoluta y relativa. Dispositivos para medir la presión.

2.1 La profundidad límite que un buzo profesional puede alcanzar es de 185 m. ¿Cuál será la intensidad de presión que soporta el buzo en agua de mar a esa profundidad?

2.2 Se sabe que las focas pueden sumergirse a 60 m, las ballenas a 350 m, y las ballenas Sperm a 950 m. ¿Cuáles son las presiones correspondientes a que se encuentran sometidos cada uno de estos mamíferos? Proporciona tus respuestas en las siguientes unidades:

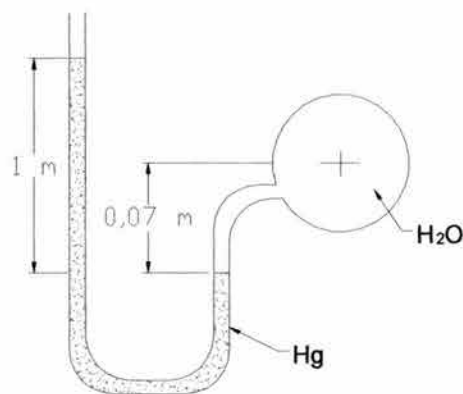
- $\text{kN/m}^2$
- psi ( $\text{lb/in}^2$ )
- $\text{kg/m}^2$
- Pa
- m.c.a. (metros de columna de agua)

De las respuestas anteriores clasifica los sistemas a los que pertenecen dichas unidades.



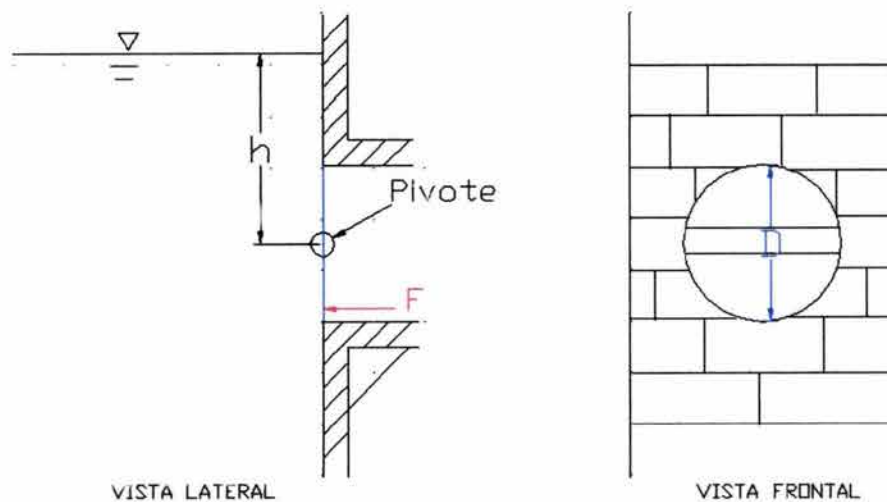
2.2 Un manómetro es instalado en la pipa principal de abastecimiento de agua para una ciudad, con el objeto de monitorear la presión en la pipa, como se muestra en la figura. Determine la presión del agua.

NOTA: Utiliza los siguientes valores. Densidad del mercurio  $13582 \text{ kg/m}^3$ ; aceleración de la gravedad  $9,81 \text{ m/s}^2$ . ó densidad del agua  $1000 \text{ kg/m}^3$



### 3 Empuje hidrostático sobre superficies planas y curvas.

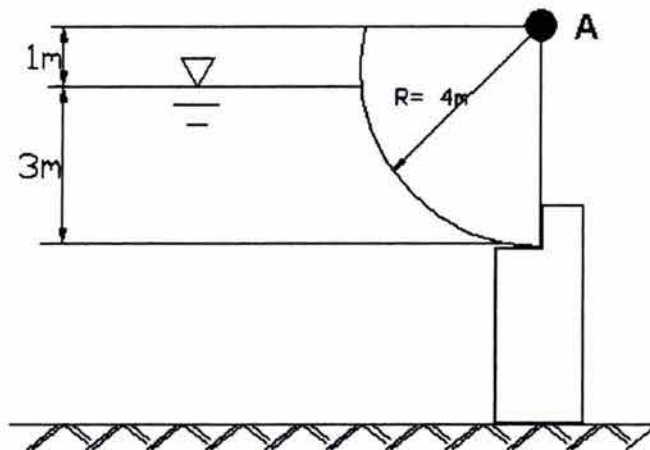
3.1 Una compuerta circular es instalada en una pared vertical como se muestra en la figura. Determina la fuerza horizontal  $F$ , necesaria para mantener la compuerta en su posición. (en términos del diámetro  $D$  y la profundidad  $h$ ) Desprecia la fricción en el pivote.



3.2 La compuerta radial de la figura tiene 6 m (perpendicular al papel). de ancho y gira alrededor del punto "A", calcula:

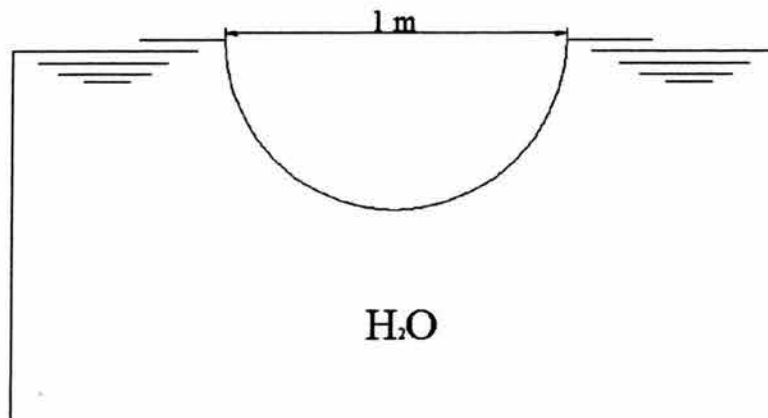
- Las componentes horizontal y vertical del empuje hidrostático sobre la compuerta.
- Los puntos de aplicación (respecto del punto "A"), para cada componente.
- El momento respecto de "A".

NOTA: Escoge el sistema de unidades que con el que desees trabajar y toma los siguientes valores según sea tu decisión ( $\gamma = 1000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$  ó  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  y  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )



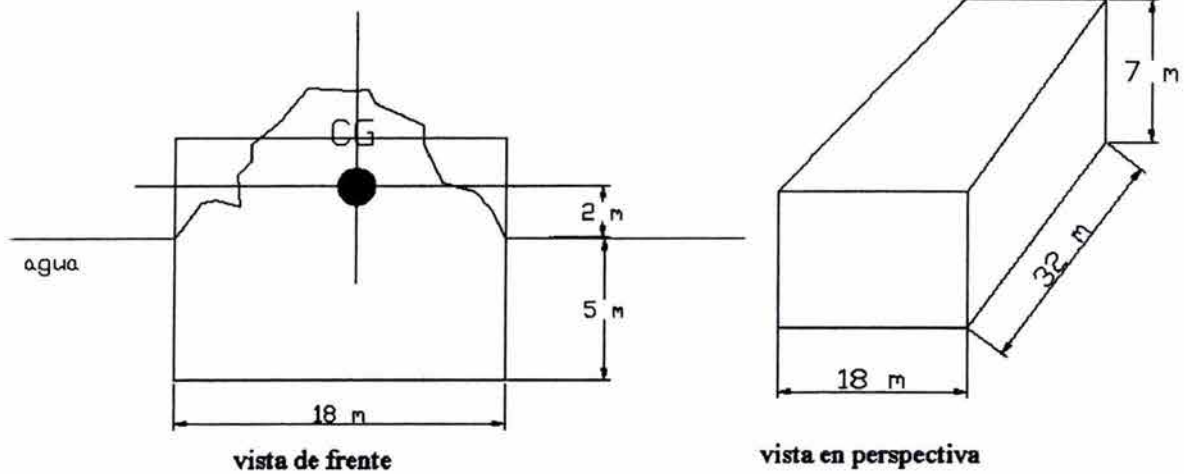
#### 4 Principio de Arquímedes

4.1 La mitad de una esfera de diámetro  $d$  cubre un tanque lleno de agua con una temperatura de  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , como se muestra en la figura. Determina el peso mínimo que debe tener la semiesfera para que selle el tanque.



## 5 Elementos de flotación.

5.1 Un Chalán de  $7\text{ m} \times 18\text{ m} \times 32\text{ m}$  de largo transporta una carga cuyo centro de gravedad se encuentra a  $2\text{ m}$  sobre la línea del agua, como se muestra en la siguiente figura. ¿Es el chalán estable en su configuración?



## SOLUCIONES

Verifica tus respuestas con las siguientes soluciones .

1.1  $W = 22,222 \text{ N}$

2.1  $P = 189.624 \text{ kN/m}^2$

- 2.2 a)  $61,5 \text{ kN/m}^2$   
 b)  $1562,092 \text{ psi}$   
 c)  $61499,871 \text{ kg/m}^2$   
 d)  $61500 \text{ Pa}$   
 e)  $6,269 \text{ m.c.a.}$

2.3  $P = 132,553 \text{ kN/m}^2$

3.1 
$$F = \frac{\gamma \cdot D^2}{6}$$

3.2

SISTEMA TÉCNICO	SISTEMA INTERNACIONAL
a) $F_H = 45000 \text{ kg}_f$ $F_V = 75398,22 \text{ kg}_f$	a) $F_H = 441450 \text{ N}$ b) $F_V = 739656,57 \text{ N}$
b) $\bar{x} = 3,8 \text{ m}$ $\bar{y} = 3 \text{ m}$	b) $\bar{x} = 3,8 \text{ m}$ $\bar{y} = 3 \text{ m}$
c) $M_A = 43000 \text{ kg}_f \cdot \text{m}$ (positivo en sentido opuesto a las manecillas del reloj)	$M_A = 421830 \text{ N} \cdot \text{m}$ (positivo en sentido opuesto a las manecillas del reloj)

4.1 Peso mínimo  $W_s > 2085,82 \text{ Kg}$

5.1 Localización del metacentro  $\overline{MB} = 5,40 \text{ m}$  sobre el centro de flotación. El centro de flotación se encuentra a  $2,5 \text{ m}$  medidos desde la base de el chalán. El metacentro esta localizado a  $5,40 - 4,5$ , o a  $0,90 \text{ m}$  sobre el centro de gravedad, por lo tanto el chalán es estable.



A spiral notebook binding is visible on the left side of the page, consisting of a series of metal rings. The page is white and framed by a dark border.

## VII. CONCLUSIONES

## VII. CONCLUSIONES

De los resultados del ejercicio de evaluación diagnóstica que realicé a los 8 grupos de asignaturas del Área de Hidráulica, puedo concluir lo siguiente:

- Observé una gran confusión con el uso de los sistemas de unidades y por ende algunos conceptos básicos de física no están claros. Como por ejemplo:
  - Existe una confusión entre la densidad específica y el peso específico. El uso de kilogramos masa y kilogramos fuerza los confunde mucho, pues las unidades de ambos se escriben igual en muchos textos. El hecho de usar el sistema internacional de unidades en la División de Ciencias Básicas<sup>1</sup> y luego cambiar al uso del sistema técnico en las asignaturas de ingeniería aplicada, causa confusión en algunos alumnos, aún cuando se les haya enseñado a usar los diferentes sistemas de unidades.
  - El uso del sistema técnico de unidades de medida resulta ser más práctico, según la opinión de algunos alumnos, pues en las asignaturas de ingeniería aplicada es lo que más se utiliza, por lo que un 52% de los estudiantes lo prefiere al Sistema Internacional de Unidades. Con respecto a esto mismo, la forma en que algunos libros tratan los temas de conversión de unidades y los usos de los diferentes sistemas de unidades son confusos, por lo que esta confusión en los sistemas de unidades tiene tiempo en la historia de la humanidad, esto nos lleva a considerar que se necesita establecer un criterio de homogeneidad para evitar dichas confusiones.
  - Tanto en los libros como en las clases y en los exámenes de los estudiantes, pude observar confusión con los diferentes nombres que se le dan a varios conceptos, como por ejemplo: *presión manométrica o vacuométrica, densidad relativa o gravedad específica*, entre otros.

---

<sup>1</sup> La Facultad de Ingeniería de la UNAM tiene varias divisiones para la enseñanza de las licenciaturas que imparte. Los primeros 4 semestres se cursan en la división de ciencias básicas y el resto en las diferentes ramas específicas de la carrera correspondiente.

- Se presentan también otro tipo de confusiones entre conceptos que son parecidos como: *presión manométrica, presión absoluta y presión relativa; empuje hidrostático y presión hidrostática.*
  - A los alumnos les resulta complicada la visualización de un problema de empuje hidrostático. El 31 % de los alumnos que no contestaron correctamente esta pregunta, no pueden ver el prisma de presiones, tienen confusión con las unidades o con el concepto de empuje hidrostático.
  - Existen diversas formas de abordar un problema, lo cual en sí no es una dificultad, pero el orden en el que se presentan los procedimientos para resolverlo sí. Muchos estudiantes no explican sus procesos de pensamiento o nos los escriben ordenados y legibles, por lo cual es complicado entender su forma de pensar al resolver los problemas. Esto último también refleja, en cierta forma la confusión de pensamiento con respecto al conocimiento del alumno sobre lo aprendido en clase, ya que la forma en la que se escribe es una ventana para ver cómo se están aplicando los conceptos y conocimientos en general.
- Conforme avanza el alumno en la carrera, algunos conceptos se van olvidando, sobre todo si éstos no fueron aprendizajes significativos, es decir, que lo enseñado haya sido relevante para el alumno. Ejemplo de ello son conceptos como presión absoluta y densidad relativa, que para los estudiantes de la clase de Obras Hidráulicas resultaron difíciles de recordar.
  - La calificación promedio que los alumnos de la clase de Hidráulica Básica obtuvieron en el examen de diagnóstico fue de 7.26 (en la escala de 0 al 10). Si comparamos esta calificación con la calificación final promedio de la asignatura 7.54, podemos observar que el desempeño de los estudiantes en esta asignatura está al mismo nivel que su dominio sobre conceptos básicos de hidrostática.
  - Otro de los resultados de este trabajo es la insuficiencia de tiempo para la enseñanza-aprendizaje. Los contenidos en el programa de la asignatura son extensos, los profesores tienen poco tiempo para poder explicar los temas y como consecuencia, los alumnos deben ser capaces de asimilarlo e integrarlo a su bagaje de conocimientos en tiempos insuficientes.



- Con respecto al punto anterior los profesores del departamento de hidráulica han estado revisando el plan de estudios de las diversas asignaturas que corresponden a esta área, con la intención de redistribuir las horas que se le dedican a los diferentes temas de la asignatura de Hidráulica Básica. Una propuesta es dedicar a este tema 12 horas de clase contra las 10.5 horas que estaban asignadas originalmente. Aún cuando esta propuesta tenga éxito, desde mi punto de vista, me siguen pareciendo insuficientes. Tal vez si se siguen implementando materiales didácticos para aligerar el aprendizaje sobre este tema y otros, la efectividad del trabajo de los profesores sea mejor, ya que los alumnos lograrán los dominios en tiempos más cortos. Espero que este trabajo cumpla con su objetivo de apoyar tanto a profesores como a estudiantes.
- Creo importante el que se formen grupos interdisciplinarios, donde intervengan pedagogas y psicólogas para poder mejorar y revisar los procesos de enseñanza – aprendizaje. Al realizar este trabajo de tesis, pude observar que es necesario integrar las cuestiones emocionales que intervienen en este proceso. Tanto por parte de los profesores como de los alumnos, pues este factor emocional también es parte del escenario y muchas veces llega a ser determinante para el éxito o fracaso académico de un alumno. En el transcurso de la realización de esta tesis, tuve conocimiento de dos casos de alumnos, compañeros míos de generación, que sufrieron de desórdenes mentales debidos a las exigencias académicas y sociales por las cuales les fue imposible continuar con la licenciatura. Estos son casos extremos, pero seguro que existen muchos otros casos de abandono que son importantes y merecen ser revisados.

La experiencia de pasar como estudiante de esta facultad y de convivir con los profesores, tanto dentro de clase como fuera de ella, forma parte importante de nuestra vida como ingenieros e ingenieras. En la facultad, no sólo venimos a adquirir conocimientos o cultura, también intercambiamos sentimientos y construimos parte de nuestra humanidad. El crecimiento del espíritu, como bien lo dice nuestro escudo, se da a través de las relaciones que establecemos en nuestra estancia aquí. Puedo decir que las relaciones que construí con profesores, profesoras y personal administrativo, así como las relaciones con mis compañeros son el tesoro que llevaré siempre conmigo.



# ANEXOS

**Anexo 1 : Resultados de los exámenes diagnósticos resumidos en tablas.**

**Anexo 2 : Tablas de interés para quien utiliza el sistema internacional de unidades en la Ingeniería Civil.**

**Anexo 3 : Exámenes diagnósticos resueltos por los alumnos.**

## ANEXO 1

A continuación se presentan las tablas de resumen con los porcentajes, resultado de el análisis de los exámenes diagnósticos.

Se presentan las respuestas que los alumnos escribieron y los porcentajes de cada respuesta. Las gráficas de algunos resultados se presentan en el cuerpo de la tesis. (ver capítulo V. Análisis de Resultados).

### 1.1 Análisis de los grupos 2 y 4 de Obras Hidráulicas, semestre 2001-2

#### GRUPO 4OH

	CORREC	INC	SR
P1	17	4	1
%	77.27273	18.1818182	4.55
P8	16	3	3
%	72.72727	13.6363636	13.6
P9	10	9	3
%	45.45455	40.9090909	13.6
P10	12	7	3
%	54.54545	31.8181818	13.6
P13	16	5	1
%	72.72727	22.7272727	4.55
P14	15	6	1
%	68.18182	27.2727273	4.55
P20	19	1	2
%	86.36364	4.5454545	9.09

	A	B	C	D	E	SR
P2				1	21	
%	0	0	0	5	95	0
P3	1	4	7	9	1	0
%	4.5	18	32	41	5	0
P4	4	5	3	8	1	1
%	18	23	14	36	5	4.55
P5	3	1	14	1	1	2
%	14	4.5	64	5	5	9.09
P6	17	1		1	1	2
%	77	4.5	0	5	5	9.09
P7			20		2	
%	0	0	91	0	9	0
P11	2	13	2	3	2	
%	9.1	59	9	14	9	0
P12			3	1	16	2
%	0	0	14	5	73	9.09

#### GRUPO 2OH

PREG	CORREC	INC	SR
P1	8	8	1
%	47.05882	47.0588235	5.88
P8	5	11	1
%	29.41176	64.7058824	5.88
P9	5	12	
%	29.41176	70.5882353	0
P10	8	8	1
%	47.05882	47.0588235	5.88
P13	11	5	1
%	64.70588	29.4117647	5.88
P14	12	4	1
%	70.58824	23.5294118	5.88
P20	14	1	2
%	82.35294	5.88235294	11.8

	A	B	C	D	E	SR
P2	2	0	0	0	15	0
%	12	0	0	0	88	0
P3	0	5	2	8	0	2
%	0	29	12	47	0	11.8
P4	2	11	0	1	0	3
%	12	65	0	6	0	17.6
P5	0	0	10	1	4	2
%	0	0	59	6	24	11.8
P6	11	1	0	3	0	2
%	65	5.9	0	18	0	11.8
P7	0	0	16	1	0	0
%	0	0	94	6	0	0
P11	1	10	4	2	0	0
%	5.9	59	24	12	0	0
P12	0	0	8	0	8	1
%	0	0	47	0	47	5.88

1.2 Análisis de los grupos 2 y 5 de Hidráulica de Máquinas y Transitorios, semestre 2001-2

GRUPO 2HMYT

PREG	CORREC	INC	SR
P1	15	4	0
%	78.9474	21.1	0
P8	10	9	0
%	52.6316	47.4	0
P9	8	11	
%	42.1053	57.9	0
P10	13	6	0
%	68.4211	31.6	0
P13	19	0	0
%	100	0	0
P14	14	5	0
%	73.6842	26.3	0
P20	18	1	0
%	94.7368	5.26	0

	A	B	C	D	E	SR
P2	7	0	0	0	12	0
%	37	0	0	0	63	0
P3	1	2	6	9	1	0
%	5	11	32	47	5.3	0
P4	4	8	2	5	0	0
%	21	42	11	26	0	0
P5	1	1	10	2	3	2
%	5	5	53	11	16	11
P6	14	0	1	0	1	3
%	74	0	5	0	5.3	16
P7	0	2	12	3	2	0
%	0	11	63	16	11	0
P11	5	8	1	1	4	0
%	26	42	5	5	21	0
P12	2	0	6	0	10	1
%	11	0	32	0	53	5.3

GRUPO 5HMYT

PREG	CORREC	INCORR	SR
P1	16	1	
%	94.1176	5.88	
P8	11	5	1
%	64.7059	29.4	5.88
P9	8	8	1
%	47.0588	47.1	5.88
P10	9	7	1
%	52.9412	41.2	5.88
P13	13	3	1
%	76.4706	17.6	5.88
P14	13	3	1
%	76.4706	17.6	5.88
P20	12	1	4
%	70.5882	5.88	23.5

	A	B	C	D	E	SR
P2	1	1	1		14	
%	6	6	6	0	82	0
P3	2	1	5	9		
%	12	6	29	53	0	0
P4	5	4	4	4		
%	29	24	24	24	0	0
P5	1	1	10	2	2	1
%	6	6	59	12	12	5.9
P6	16				1	
%	94	0	0	0	5.9	0
P7			14	1	2	
%	0	0	82	6	12	0
P11	1	6	1	2	6	1
%	6	35	6	12	35	5.9
P12		1	9	1	5	1
%	0	6	53	6	29	5.9



1.3 Análisis de los grupos 4 y 6 de Hidráulica Básica, semestre 2002-1.

Cabe aclarar que estos grupos hicieron una versión diferente de examen diagnóstico. (ver. Anexo 1)

GRUPO 4HB

	T	I	SR
SI	8	7	1
%	50	43.75	6.25
	CORR	INC	SR
P1	12	4	
%	75	25	0
P7	7	8	1
%	43.75	50	6.25
P8	12	3	1
%	75	18.75	6.25
P9	10	5	1
%	62.5	31.25	6.25
P10	14	1	1
%	87.5	6.25	6.25
P11	15	1	
%	93.75	6.25	0
P12	14	2	
%	87.5	12.5	0
P13	13	2	1
%	81.25	12.5	6.25

	0.25	0.5	0.75	1		
P3	0	6	6	4		
%	0	37.5	37.5	25		
	A	B	C	D	E	SR
P2	0				16	
%	0	0	0	0	100	0
P4	0	15		1		
%	0	93.75	0	6.25	0	0
P5	0		8		7	1
%	0	0	50	0	43.75	6.25
P6	11			0	5	
%	52.38	0	0	0	31.25	0
P11	0	7	7	1		1
%	0	43.75	43.8	6.25	0	6.25
P12	1	1	3	0	10	1
%	6.25	6.25	18.8	0	62.5	6.25

GRUPO 6HB

	T	I	T/I
SI	8	11	1
%	40	55	5
	CORR	INC	SR
P1	20		
%	100	0	0
P7	14	6	
%	70	30	0
P8	12	6	2
%	60	30	10
P9	11	7	2
%	55	35	10
P10	13	7	
%	65	35	0
P11	17	1	2
%	85	5	10
P12	16	2	2
%	80	10	10
P13	19	1	
%	95	5	0

	0.25	0.5	0.75	1		
P3	4	4	7	5		
%	20	20	35	25		
	A	B	C	D	E	SR
P2	6	3			11	
%	30	15	0	0	55	0
P4	2	12		3	3	
%	10	60	0	15	15	0
P5	4	3	6		6	1
%	20	15	30	0	30	5
P6	12			1	7	
%	60	0	0	5	35	0
P11	3	10	3	1	3	
%	15	50	15	5	15	0
P12	1	1	7	1	9	1
%	5	5	35	5	45	5



1.4 Análisis de los grupos 3 y 5 de Hidráulica Canales, semestre 2002-1.

GRUPO 3HC

	T	I	SR		0.25	0.5	0.75	1		
SI	14	6	1	P3	2	4	10	5		
%	66.7	28.6	4.8		9.52	19	47.6	24		
	CORR	INC	SR		A	B	C	D	E	SR
P1	18	3		P2	1				20	
%	85.7	14.3	0		4.76	0	0	0	95	0
P7	11	10		P4	1	19		1		
%	52.4	47.6	0		4.76	90.5	0	5	0	0
P8	19	1	1	P5	1		15		5	
%	90.5	4.76	4.8		4.76	0	71.4	0	24	0
P9	15	4	2	P6	9				12	
%	71.4	19	9.5		42.9	0	0	0	57	0
P10	15	6		P11	3	15	2	1		
%	71.4	28.6	0		14.3	71.4	9.52	5	0	0
P13	19	2		P12		3	4		12	2
%	90.5	9.52	0		0	14.3	19	0	57	9.5
P14	20	1								
%	95.2	4.76	0							
P20	19	1	1							
%	90.5	4.76	4.8							

GRUPO 5HC

	T	I	SR		0.25	0.5	0.75	1		
SI	7	5	2	P3	1	4	6	3		
%	50	35.7	14		7.14	28.6	42.9	21		
	CORR	INC	SR		A	B	C	D	E	SR
P1	11	2	1	P2	1				13	
%	78.6	14.3	7.1		7.14	0	0	0	93	0
P7	6	8		P4	1	10		3		
%	42.9	57.1	0		7.14	71.4	0	21	0	0
P8	9	2	3	P5	2		8	2	2	
%	64.3	14.3	21		14.3	0	57.1	14	14	0
P9	10	2	2	P6	7		1		6	
%	71.4	14.3	14		50	0	7.14	0	43	0
P10	8	4	2	P11	1	5	1	3	4	
%	57.1	28.6	14		7.14	35.7	7.14	21	29	0
P13	10	2	2	P12	1	1	4	2	4	2
%	71.4	14.3	14		7.14	7.14	28.6	14	29	14
P14	9	3	2							
%	64.3	21.4	14							
P20	7	3	4							
%	50	21.4	29							

1.5 Resultados generales de las versiones 1 y 2 , así como un análisis general de las dos versiones en las preguntas que fueron compatibles en ambas versiones.

ANÁLISIS GENERAL DE LA VERSIÓN 1

PREG	CORR	INCORREC	SIN RESP
P1	56	17	2
%	74.667	22.666667	2.66667
P8	42	28	5
%	56	37.333333	6.66667
P9	31	40	4
%	41.333	53.333333	5.33333
P10	42	28	5
%	56	37.333333	6.66667
P13	59	13	3
%	78.667	17.333333	4
P14	54	18	3
%	72	24	4
P20	63	4	8
%	84	5.333333	10.6667

	A	B	C	D	E	SR
P2	10	1	1	1	62	0
%	13.33	1.333	1.333	1.333	82.67	0
P3	4	12	20	35	2	2
%	5.333	16	26.67	46.67	2.667	2.667
P4	15	28	9	18	1	4
%	20	37.33	12	24	1.333	5.333
P5	5	3	44	6	10	7
%	6.667	4	58.67	8	13.33	9.333
P6	58	2	1	4	3	7
%	77.33	2.667	1.333	5.333	4	9.333
P7	0	2	62	5	6	0
%	0	2.667	82.67	6.667	8	0
P11	9	37	8	8	12	1
%	12	49.33	10.67	10.67	16	1.333
P12	2	1	26	2	39	5
%	2.667	1.333	34.67	2.667	52	6.667

ANÁLISIS GENERAL DE LA VERSIÓN 2

	T	I	SR
SI	37	29	5
%	52.113	40.84507	7.04225
	CORR	INCORR	SIN RES
P1	61	9	1
%	85.915	12.676056	1.40845
P7	38	32	1
%	53.521	45.070423	1.40845
P8	52	12	7
%	73.239	16.901408	9.85915
P9	46	18	7
%	64.789	25.352113	9.85915
P10	50	18	3
%	70.423	25.352113	4.22535
P13	61	6	4
%	85.915	8.4507042	5.6338
P14	59	8	4
%	83.099	11.267606	5.6338
P20	58	7	6
%	81.69	9.8591549	8.4507

	0.25	0.5	0.75	1		
P3	7	18	29	17		
%	9.859	25.35	40.85	23.94		
	A	B	C	D	E	SR
P2	8	3	0	0	60	0
%	11.27	4.225	0	0	84.51	0
P4	4	56	0	8	3	0
%	5.634	78.87	0	11.27	4.225	0
P5	7	3	37	2	20	2
%	9.859	4.225	52.11	2.817	28.17	2.817
P6	39	0	1	1	30	0
%	54.93	0	1.408	1.408	42.25	0
P11	7	37	13	6	7	1
%	9.859	52.11	18.31	8.451	9.859	1.408
P12	3	6	18	3	35	6
%	4.225	8.451	25.35	4.225	49.3	8.451

ANÁLISIS GENERAL DE LAS DOS VERSIONES

	CORR	INCORR	SIN RES
P1	117	26	3
%	80.137	17.808219	2.05479
P8	94	40	12
%	64.384	27.39726	8.21918
P9	77	58	11
%	52.74	39.726027	7.53425
P10	92	46	8
%	63.014	31.506849	5.47945
P13	120	19	7
%	82.192	13.013699	4.79452
P14	113	26	7
%	77.397	17.808219	4.79452
P20	121	11	14
%	82.877	7.5342466	9.58904

	A	B	C	D	E	SR
P2	18	4	1	1	122	0
%	12.33	2.74	0.685	0.685	83.56	0
P4	19	84	9	26	4	4
%	13.01	57.53	6.164	17.81	2.74	2.74
P5	12	6	81	8	30	9
%	8.219	4.11	55.48	5.479	20.55	6.164
P6	97	2	2	5	33	7
%	66.44	1.37	1.37	3.425	22.6	4.795
P11	16	74	21	14	19	2
%	10.96	50.68	14.38	9.589	13.01	1.37
P12	5	7	44	5	74	11
%	3.425	4.795	30.14	3.425	50.68	7.534



# TABLAS DE INTERÉS PARA QUIEN UTILIZA EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES EN LA INGENIERÍA CIVIL

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SCFI-1993

Recopilación del Ing. Ricardo Padilla Velázquez<sup>1</sup>

UNIDADES DE BASE DEL SISTEMA INTERNACIONAL (SI)			
MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD	SÍMBOLO	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD
longitud	metro	m	Es la distancia que recorre una onda electromagnética en el vacío en $1/(299\ 792\ 458)$ de segundo.
masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo
tiempo	segundo	s	Es la duración de $9\ 192\ 631\ 770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del átomo cesio 133.
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A	Es la intensidad de una corriente constante que mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados en el vacío a una distancia de un metro uno de otro, producirá entre estos conductores una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newtons por cada metro de longitud
Temperatura termodinámica	kelvin	K	Es la fracción $1/(273,16)$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
Intensidad luminosa	candela	cd	Es la intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es $1/683$ watt cada estereoradián.
Cantidad de sustancia	mol	mol	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen en los átomos en $0.012$ kilogramo de carbono 12

<sup>1</sup> Prof. De carrera de T. C. en Geotécnia, Fac. de Ingeniería, UNAM.



UNIDADES DERIVADAS QUE TIENEN NOMBRE ESPECIAL			
MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD	SÍMBOLO	EXPRESIÓN EN UNIDADES SI
Fuerza	newton	N	kg.m/s <sup>2</sup>
Presión	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
Esfuerzo	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
Energía	joule	J	N.m
Trabajo	joule	J	N.m
Cantidad de calor	joule	J	N.m
Potencia	watt	W	J/s o N.m/s
frecuencia	hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Carga eléctrica	coulomb	C	s. A
Voltaje	volt	V	W/A
Capacidad eléctrica	farad	F	C/V
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	V/A
Conductancia eléctrica	siemens	S	A/V
Flujo magnético	weber	Wb	V.s
Inducción magnética	tesla	T	Wb/ m <sup>2</sup>
Inductancia	henry	H	Wb/A
Flujo luminoso	lumen	lm	cd.sr
Luminosidad	lux	lx	lm/ m <sup>2</sup>
Actividad nuclear	becquerel	Bq	s <sup>-1</sup>
Dosis absorbida	gray	Gy	J/kg

UNIDADES DERIVADAS QUE NO TIENEN NOMBRE ESPECIAL		
MAGNITUD	SÍMBOLO	EXPRESIÓN EN UNIDADES SI
Superficie	-	m <sup>2</sup>
Volumen	-	m <sup>3</sup>
Velocidad	-	m/s
Aceleración	-	m/s <sup>2</sup>
Densidad	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	$\gamma$	N/m <sup>3</sup>
Momento de una fuerza	M	N.m
Tensión superficial	-	N/m o J/m <sup>2</sup>
Viscosidad dinámica	-	Pa.s
Viscosidad cinemática	-	m <sup>2</sup> /s

UNIDADES SUPLEMENTARIAS DEL SI			
MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD	SÍMBOLO	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD
Ángulo plano	radián	rad	Es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo y que se intersecan sobre la circunferencia de este círculo, formando un arco de longitud igual a la del radio.
Ángulo sólido	estereoradián	sr	Es el ángulo sólido que teniendo como vértice en el centro de una esfera corta sobre la superficie de ésta, un área igual a la de un cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera.

PREFIJOS RECOMENDADOS POR EL SI			
Nombre del prefijo	Símbolo	Factor	Equivalencia
yotta	Y	$10^{24}$	cuatrillón
zetta	Z	$10^{21}$	mil trillones
exa	E	$10^{18}$	trillón
peta	P	$10^{15}$	mil billones
tera	T	$10^{12}$	billón
giga	G	$10^9$	mil millones
mega	M	$10^6$	millón
kilo	k	$10^3$	mil
hecto	h	$10^2$	cien
deca	da	$10^1$	diez
deci	d	$10^{-1}$	décimo
centi	c	$10^{-2}$	centésimo
mili	m	$10^{-3}$	milésimo
micro	$\mu$	$10^{-6}$	millonésimo
nano	n	$10^{-9}$	mil millonésimo
pico	p	$10^{-12}$	billonésimo
femto	f	$10^{-15}$	mil billonésimo
atto	a	$10^{-18}$	trillonésimo
zepto	z	$10^{-21}$	mil trillonésimo
yocto	y	$10^{-24}$	cuatrillonésimo

PRINCIPALES MAGNITUDES Y UNIDADES UTILIZADAS EN MECÁNICA		
Magnitud	Símbolo de la magnitud	Símbolo de la unidad SI
Masa	m	kg
Gasto masa, flujo masa	qm	kg/s
Densidad, masa volúmica	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
Volumen específico	v	m <sup>3</sup> /kg
Gasto volumen, flujo volumen	qv	m <sup>3</sup> /s
Densidad lineal, masa lineal	$\pi l$	kg/m
Densidad de la superficie, masa superficial	$\rho_A, \rho_s$	kg/m <sup>2</sup>
Cantidad de movimiento, momentum	P	Kg.m/s
Momento de inercia	I, J	Kg.m <sup>2</sup>
Fuerza	F	N
Peso	P, W	N
Constante gravitacional	G	N.m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Momento de una fuerza	M	N.m
Momento torsional, momento de un par	T	N.m
Presión	p	Pa
Esfuerzo normal	$\sigma$	Pa
Esfuerzo cortante	$\tau$	Pa
Módulo de elasticidad	E	Pa
Módulo de rigidez al cortante	G	Pa
Módulo de compresibilidad volumétrica	K	Pa
Viscosidad dinámica	$\eta, \mu$	Pa.s
Viscosidad cinemática	$\nu$	m <sup>2</sup> /s
Tensión superficial	$\gamma, \sigma$	N/m
Energía	E, W	J
Trabajo	W, A	J
Energía potencial	E <sub>p</sub>	J
Energía cinética	E <sub>k</sub>	J
potencia	P	W



## REGLAS GENERALES PARA LA ESCRITURA DE NÚMEROS Y UNIDADES DEL SI

Actualizadas con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993

REGLA	EJEMPLOS	
	CORRECTO	INCORRECTO
1. Los símbolos se deben expresar en caracteres romanos, en general minúsculas, con excepción de los símbolos que se derivan de nombres propios.	m; cd; K; A.	M (metro); Cd (candela); k (Kelvin).
2. No se debe usar mayúscula en los nombres de las unidades.	newton; pascal; joule.	Newton; Pascal; Joule.
3. No se debe colocar punto después de los símbolos de las unidades, a menos que por ortografía se justifique.	m; kg; s.	m.; kg.; s..
4. Los nombres de las unidades se pueden pluralizar agregando una s.	pascals; mols; watts.	pascales; moles; wattes.
5. Los símbolos de las unidades no se deben pluralizar.	kg; m; Pa.	kgs; ms; Pas.
6. El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades, debe ser un punto, que puede suprimirse cuando no se preste a confusión.	N.m; Nm; n.M (newton por metro)	mN (metro por newton); N*m.
7. Cuando una unidad derivada se forma por el cociente de dos unidades, se puede utilizar una línea inclinada, una línea horizontal o potencias negativas.	m/s; $m \cdot s^{-1}$ ; $\frac{m}{s}$ .	m + s
8. No se debe utilizar más de una línea inclinada, a menos que se agreguen paréntesis. En los casos complicados se deben emplear potencias negativas o paréntesis	$(m/s)/s$ ; $m/s^2$ ; $m \cdot s^{-2}$ ; $m \cdot kg/(s^3 \cdot A)$ ; $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ .	$m/s/s$ ; $m \cdot kg/s^3/A$

REGLA	EJEMPLOS	
	CORRECTO	INCORRECTO
9. Los múltiplos y submúltiplos de las unidades se deben formar anteponiendo al símbolo de las unidades los prefijos correspondientes. La única excepción es para la unidad de masa, en la cual se deben anteponer al símbolo "g"	ks; das; Mg.	Mkg; dakg.
10. Los nombres de los prefijos se deben anteponer al nombre de la unidad de masa, donde se deben anteponer a la palabra "gramo".	Micrómetro; nanosegundo; megagramo.	kilokilogramo
11. Los símbolos de los prefijos se deben imprimir en caracteres romanos (rectos). No se deben dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad.	mN; MPa; ns; $\mu\text{m}$ .	N N; M Pa; n s; $\mu\text{m}$ .
12. Si un símbolo que contiene a un prefijo está afectado por un exponente, indica que el múltiplo de la unidad está elevado a la potencia expresada por el exponente.	$1\text{ cm}^3 = (10^{-2}\text{ m})^3 = 10^{-6}\text{ m}^3$	$1\text{ cm}^3 = 10^{-2}\text{ (m)}^3 = 10^{-2}\text{ m}^3$
13. No se deben emplear prefijos compuestos.	Mm; Ps; GPa.	m $\mu\text{m}$ ; kTs; MkPa
14. Siempre se debe dejar un espacio entre el número y el símbolo de la unidad que le precede.	25 N/m; 90 kPa; 30 ns.	25N/m; 90kPa; 30ns.
15. El separador (signo) decimal debe ser una coma sobre la línea de escritura (,). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el separador (signo) decimal debe ser precedido por un cero.	37,71 m/s <sup>2</sup> ; 15,5kN; 0,976 kPa	37.71 m/s <sup>2</sup> ; 15.5kN; ,976 kPa
16. Los números se deben imprimir generalmente en tipo romano. Para facilitar la lectura de números con varios dígitos, se deben separar en grupos apropiados preferentemente de tres, contando del separador (signo) decimal a la derecha y a la izquierda. Los grupos se deben separar por un pequeño espacio, nunca con una coma, un punto, o por otro medio. Se permite agrupar números de cuatro dígitos sin separación.	5 497 356,35; 2,395 456 7; 3475; 3 457.	5.497.356,35; 2.395,456,7;23569.

EXAMEN DIAGNOSTICO DE HIDROSTÁTICA

TU COLABORACIÓN ES IMPORTANTE

El objetivo de este examen es obtener información actualizada sobre la aplicación, por parte de los estudiantes, de conceptos y procedimientos básicos en la solución de problemas de hidrostática. Los conceptos y procedimientos aquí contenidos se requieren para cursar con éxito otras asignaturas tanto del área de hidráulica como de otras áreas de la Ingeniería. Te invitamos a que resuelvas este examen lo mejor que puedas.

Gracias por tu colaboración.  
Atte. Dulce Ma. Cisneros Peralta.

INSTRUCCIONES:

- Para las preguntas con opción múltiple:
  - Marca claramente el recuadro de la opción que coincide con tu respuesta.
- Para las preguntas abiertas:
  - Redacta con la mayor claridad posible lo que se te pide.
- Es importante que junto con este examen, entregues todas las hojas adicionales donde hayas hecho cálculos y/o redactado tus conceptos y definiciones.

DATOS DE CONTROL:

¿Qué generación eres? 92 ¿Haz cursado la asignatura de Hidráulica Básica y cuando? 97

¿Ya acreditaste la asignatura de Hidráulica Básica, con qué calificación? 8

Sobre la siguiente situación vas a contestar varias preguntas. Resuelve en una hoja aparte el problema y responde como se te pide.

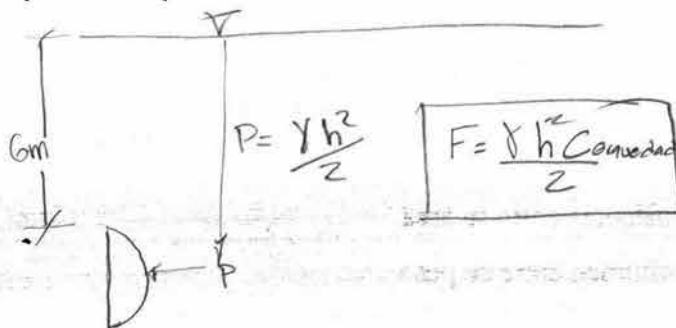
Un tanque de almacenamiento submarino de media esfera fue construido lejos de la orilla para contener gas natural, siendo la base de la semiesfera el diámetro máximo de la misma..

Determina la presión, medida en bars, en la base del tanque cuando esta se encuentra sumergida 6 m. por debajo del nivel del mar. Considera que la densidad relativa del agua de mar es 1.025

1 bar =  $10^5$  N/m<sup>2</sup>

1. Haz un dibujo, lo más detallado posible, que represente la situación.

M = 3.66  
L = 12/30  
F =  $\frac{15.66}{30}$



$\gamma = 1000 \frac{kg}{m^3}$   
 $P_{abs} = P_{ext} + P_{atmos}$



2. La densidad relativa se puede definir como:

- A) La relación de una masa de un cuerpo entre su volumen, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas.
- B) La densidad del agua en condiciones estándar.
- C) Es la densidad de la sustancia entre la presión.
- D) La cantidad de materia contenida en un cuerpo.
- E) Es conocida también como gravedad específica y es el cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua en condiciones estándar (4°C a nivel del mar).

3. De las siguientes opciones, escoge de las cantidades abajo sugeridas, todas aquellas que representen una medida de la densidad, para el problema que estamos resolviendo (Existen varias opciones):

- I.  $1025 \text{ kg/m}^3$       II.  $1025 \left[ \frac{N \times m}{s^2} \right]$       III.  $1025 \left[ \frac{N \times s^2}{m^4} \right]$
- IV.  $11.170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{lb} \times s^2}{\text{in}^4} \right]$       V.  $11.170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \right]$

- A) Sólo III y IV
- B) I, III y IV
- C) Sólo I y III
- D) Sólo I y V.
- E) Todas

4. El peso específico se define como:

- A) El producto del peso de una sustancia por su volumen.
- B) La densidad de la sustancia por la gravedad.
- C) El peso de una sustancia entre su área.
- D) La razón de un volumen entre su peso.
- E) La densidad relativa entre la gravedad.



5. ¿Cuál de las siguientes opciones representa el peso específico para el problema que se planteó?

- A)  $1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$
- B)  $1025 \left[ \frac{\text{kgf} \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- C)  $1025 \text{ kg}/\text{m}^3$ .
- D)  $1025 \text{ kg}/\text{m}^2$
- E)  $1025 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{s}^2} \right]$

6. Dadas las condiciones del tanque la presión "P" resulta de:

- A) Multiplicar el peso específico por la altura.
- B) Multiplicar el peso por el radio de la esfera.
- C) Multiplicar el peso por la superficie.
- D) Multiplicar la densidad relativa por la gravedad específica.
- E) Multiplicar la densidad del agua por la gravedad.

7. De las siguientes cantidades escoge todas aquellas que representan medidas de presión:

- I. 0.60332 bars      II. 60332 N/m<sup>2</sup>      III. 603.32 Pa/m
- IV. 8.748 lbf/in<sup>2</sup>      V. 60.332 N/m<sup>3</sup>

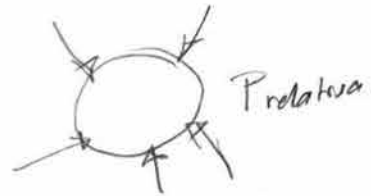
- A) Sólo II y IV
- B) II, III y IV
- C) I, II y IV.
- D) Sólo II y I
- E) Sólo I.

8. Escribe qué entiendes por presión absoluta y dibuja un esquema que represente la presión absoluta.

Es la suma de las presiones relativa y P

$F_{atm.}$

$$P_{abs} = P_{rela.} + P_{atmos}$$



RG?

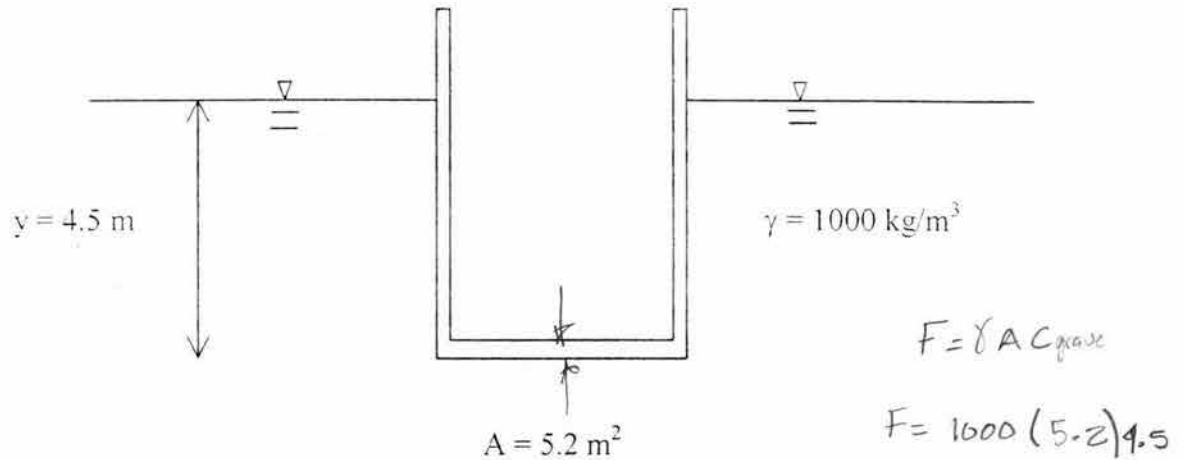
9. Escribe que entiendes por presión manométrica o relativa y dibuja un esquema para representarla.

Es la presión atmosférica.

10. ¿Existen presiones absolutas negativas?

Si

En la figura que se muestra, el área del fondo es cuadrada y mide  $5.2 \text{ m}^2$  y la profundidad del agua es de  $4.5 \text{ m}$ . Determina la magnitud, dirección y situación de la fuerza hidrostática resultante.



11. Se puede definir a la *Fuerza hidrostática* como:

- A) Es el producto del peso específico por la altura.
- B) Equivale al producto de una superficie  $A$ , multiplicada por la presión hidrostática y que actúa en el centroide de dicha superficie.
- C) Es la fuerza que el peso de una columna de agua ejerce en un recipiente.
- D) Es un prisma de agua que empuja a la pared de un recipiente.
- E) Es un empuje vertical y descendente que experimenta todo cuerpo en el seno de un fluido y su punto de aplicación es el centro de gravedad.

12. Con la respuesta del inciso anterior la fuerza hidrostática del problema resulta ser:

A)  $F = 9810 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \times 5.2 [m^2] = 51.01 \left[ \frac{kN}{m^2} \right]$

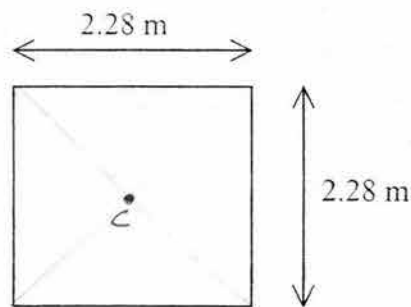
B)  $F = 9810 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \times 4.5 [m] = 44.1 [N]$

C)  $F = 9810 \left[ \frac{N}{m^3} \right] \times 4.5 [m] \times 5.2 [m^2] = 229.5 [kN]$

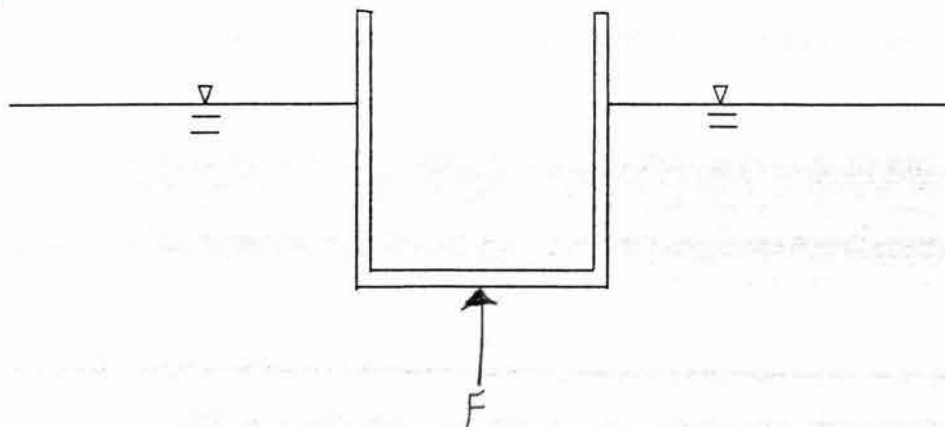
D)  $F = 9.810 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 4.5 [m] \times 5.2 [m^2] = 22954.5 [N]$

E)  $F = 1000 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \times 4.5 [m] \times 5.2 [m^2] = 23.4 kg$

13. Utiliza el esquema que sigue, el cual representa la base del recipiente y ubica en él, el punto donde se concentra la fuerza hidrostática del problema.



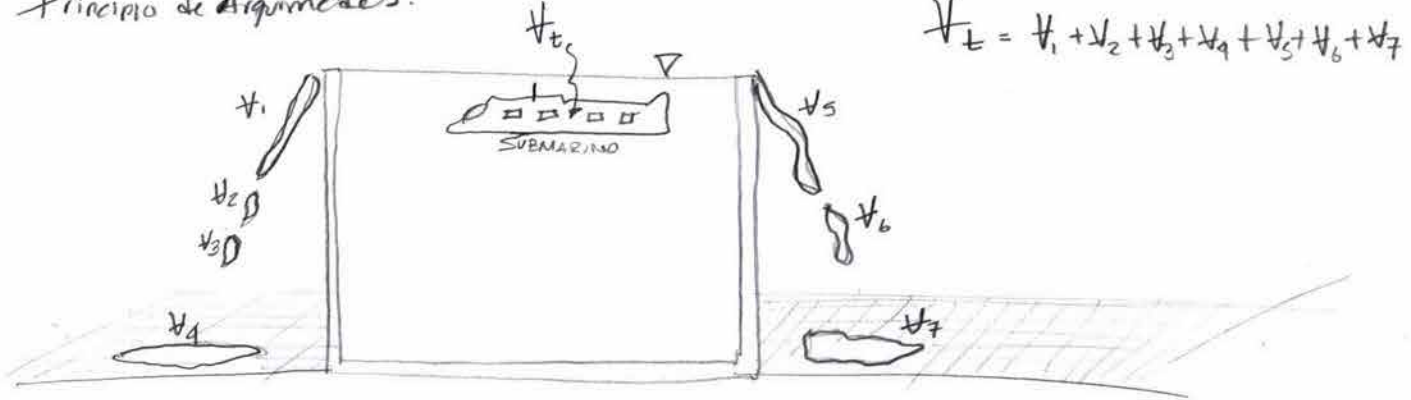
14. ¿Cuál es la dirección que tiene la fuerza hidrostática que calculaste? Márcala en el esquema que se muestra a continuación:





15. Un niño decide jugar con su submarino en la pileta de su casa, la cual se encuentra llena de agua hasta el borde. El chico introduce su juguete en la pileta y el agua se desborda. Escribe lo más completamente posible el fenómeno físico que la situación plantea. (Puedes apoyarte en un dibujo además de escribir la explicación).

Principio de Arquímedes:



Escritas?

16. ¿A qué equivale el volumen de agua que se desbordo de la pileta?

Al volumen del submarino.

17. ¿Qué se requiere para que un objeto flote en el agua?

CI Que el peso que tenga este no sea mayor al del agua.

18. Suponiendo que el juguete del niño pesa 2 kg. y que la mitad de éste flota en la pileta ¿Qué cantidad de agua se derrama?

cp

1 litro

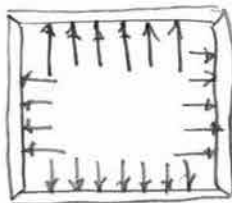
? *¿se derrama el 50%*

19. Con base en la teoría de la Hidrostática, escribe lo más detalladamente posible, cómo se distribuye la presión en un recipiente que contiene agua. El recipiente puede ser de la forma que gustes.

Siempre la presión es perpendicular a la cara o pared del recipiente que esta contenga el agua

20. Dibuja un esquema que represente lo que redactaste en la pregunta anterior.

Vista de planta



Vista de perfil:



**EXAMEN DIAGNÓSTICO DE HIDROSTÁTICA**

29  
40 6

TU COLABORACIÓN ES IMPORTANTE

El objetivo de este examen es obtener información actualizada sobre la aplicación, por parte de los estudiantes, de conceptos y procedimientos básicos en la solución de problemas de hidrostática. Los conceptos y procedimientos aquí contenidos se requieren para cursar con éxito otras asignaturas tanto del área de hidráulica como de otras áreas de la Ingeniería. Te invitamos a que resuelvas este examen lo mejor que puedas.

Gracias por tu colaboración.  
Atte. Dulce Ma. Cisneros Peralta.

INSTRUCCIONES:

- Para las preguntas con opción múltiple:
  - Marca claramente el recuadro de la opción que coincide con tu respuesta.
- Para las preguntas abiertas:
  - Redacta con la mayor claridad posible lo que se te pide.
- Es importante que junto con este examen, entregues todas las hojas adicionales donde hayas hecho cálculos y/o redactado tus conceptos y definiciones.
- Marca con S.I. si decides utilizar el Sistema Internacional de Unidades o con una T si utilizas el Sistema Técnico para resolver los problemas.

DATOS DE CONTROL:

¿De qué generación eres? 96 ¿Haz cursado la asignatura de Hidráulica Básica y cuándo? NO ¿Ya acreditaste la asignatura de Hidráulica Básica, con qué calificación? \_\_\_\_\_

Sobre la siguiente situación vas a contestar varias preguntas. Resuelve en una hoja aparte los problemas y responde como se te pide.

Escoge el sistema de unidades con el que deseas resolver los problemas.

Un tanque de almacenamiento submarino de media esfera fue construido lejos de la orilla para contener gas natural, siendo la base de la semiesfera el diámetro máximo de la misma..

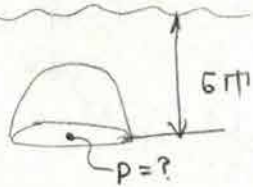
Determina la presión, en la base del tanque cuando ésta se encuentra sumergida 6 m. por debajo del nivel del mar.

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO MÉTRICO
Densidad Relativa del agua de Mar 1.025	$\gamma = 1025 \text{ kg/m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula la presión en las unidades correspondientes.
Calcula la Presión en pascals. (1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> )	

ST

1. Haz un dibujo, lo más detallado posible, que represente la situación.

5



$$P = \gamma h$$

$$P = (1025 \frac{\text{kg}_F}{\text{m}^3}) (6 \text{ m})$$

$$P = 6150 \frac{\text{kg}_F}{\text{m}^2}$$

2. La densidad relativa se puede definir como:

2

- A) La relación de masa de un cuerpo entre su volumen, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas.
- B) La densidad del agua en condiciones estándar.
- C) La densidad de la sustancia entre la presión.
- D) La cantidad de materia contenida en un cuerpo.
- E) El cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad del agua en condiciones estándar (4 °C). (También conocida como gravedad específica).

3. De las siguientes opciones, **escoge** de las cantidades abajo sugeridas, **todas aquellas que representen una medida de la densidad**. Separa las cantidades que pertenezcan al Sistema Internacional y las cantidades que estén dadas en Sistema Técnico, ya sea Métrico o en Sistema Inglés:

0.75

- I.  $1025 \text{ kg/m}^3$       II.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{s}^2} \right]$       III.  $1025 \left[ \frac{\text{N} \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- IV.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{lb}_f \times \text{s}^2}{\text{in}^4} \right]$       V.  $11,170 \times 10^8 \left[ \frac{\text{slug}}{\text{ft}^3} \right]$

A) Sistema Internacional de Unidades I, II, III.

B) Sistema Técnico Métrico o Inglés. V.



4. El peso específico se puede definir como:

- A) El producto del peso de una sustancia por su volumen.
- B) La densidad de la sustancia por la gravedad.
- C) El peso de una sustancia entre su área.
- D) La razón de un volumen entre su peso.
- E) La densidad relativa entre la gravedad.

5. ¿Cuál de las siguientes opciones representa el peso específico para el problema que se planteó? Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste.

- A)  $1025 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$
- B)  $1025 \left[ \frac{\text{kg}_f \times \text{s}^2}{\text{m}^4} \right]$
- C)  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^3$ .
- D)  $1025 \text{ kg}_f / \text{m}^2$
- E)  $1025 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{s}^2} \right]$

6. Dadas las condiciones del tanque, la presión "P" resulta de:

Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.

- 2
- A) Multiplicar el peso específico por la altura.
  - B) Multiplicar el peso por el radio de la esfera.
  - C) Multiplicar el peso por la superficie.
  - D) Multiplicar la densidad relativa por la gravedad específica.
  - E) Multiplicar la densidad del agua por la gravedad local y por la profundidad.

✓  
0.25

7. De las siguientes cantidades **escoge todas aquellas que representan medidas de presión**. Separa las cantidades que tengan unidades del Sistema Internacional, Sistema Técnico (Métrico o Inglés) u otro Sistema de Unidades:

- I. 0.60332 bars      II. 60332 N/m<sup>2</sup>      III. 603.32 Pa/m  
IV. 8.748 lbf/in<sup>2</sup>      V. 60.332 N/m<sup>3</sup>

- A) Sistema Internacional de Unidades I.  
B) Sistema Técnico Métrico o Inglés. II, IV.  
C) Otro Sistema de Unidades. \_\_\_\_\_.

8. Escribe qué entiendes por presión absoluta y dibuja un esquema que represente la presión absoluta.

SR

9. Escribe qué entiendes por presión manométrica o relativa y dibuja un esquema para representarla.

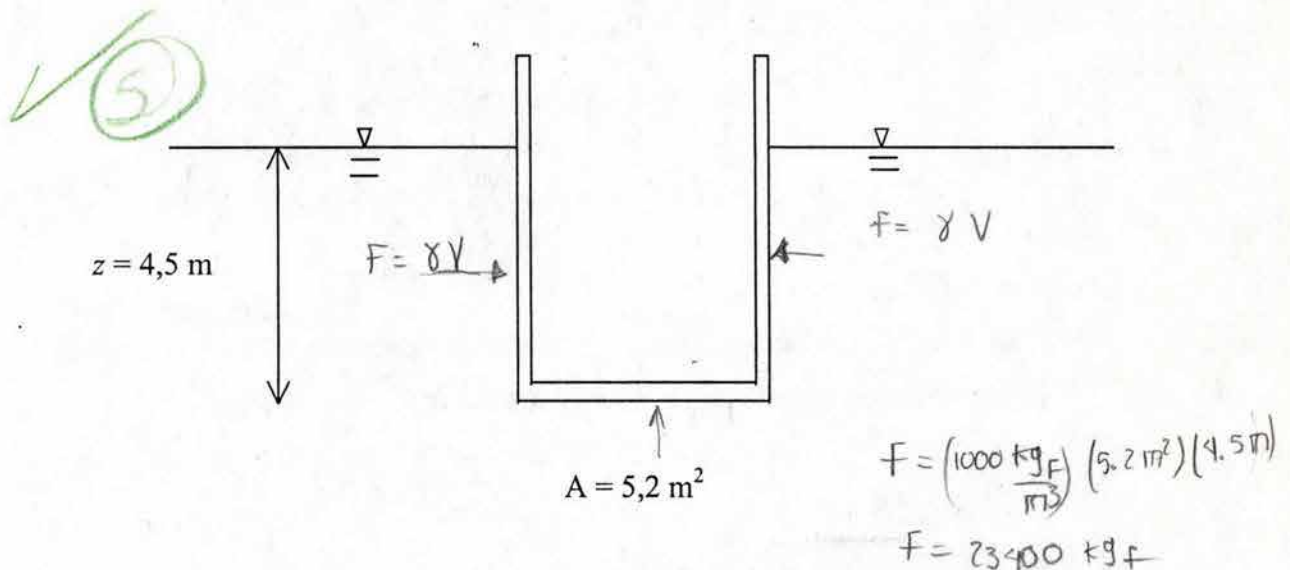
SR

10. ¿Existen presiones absolutas negativas? \_\_\_\_\_

SR

En la siguiente figura, el área del fondo es cuadrada y mide  $5,2 \text{ m}^2$  y la profundidad del agua es de  $4,5 \text{ m}$ . Determina la magnitud, dirección y situación del empuje hidrostático resultante.

DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA INTERNACIONAL	DATOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA POR SISTEMA TÉCNICO
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$
$g = 9,78 \text{ m/s}^2$	Calcula el Empuje Hidrostático en las unidades correspondientes.
Calcula el Empuje Hidrostático en newtons. ( $1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$ )	



11. Se puede definir al *Empuje hidrostático* como:

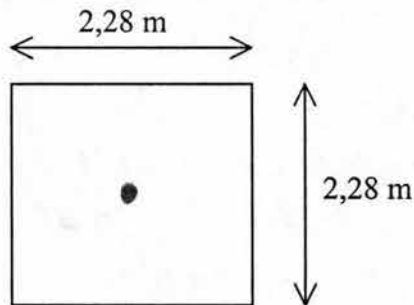
- 0
- A) El producto del peso específico por la altura.
  - B) Equivale al producto de una superficie  $A$ , multiplicada por la presión hidrostática y que actúa en el centroide de dicha superficie.
  - C) La fuerza que el peso de una columna de agua ejerce en un recipiente.
  - D) Un prisma de agua que empuja a la pared de un recipiente.
  - E) Un empuje vertical y descendente que experimenta todo cuerpo en el seno de un fluido y su punto de aplicación es el centro de gravedad.

12. Con la respuesta del inciso anterior la fuerza hidrostática del problema resulta ser:

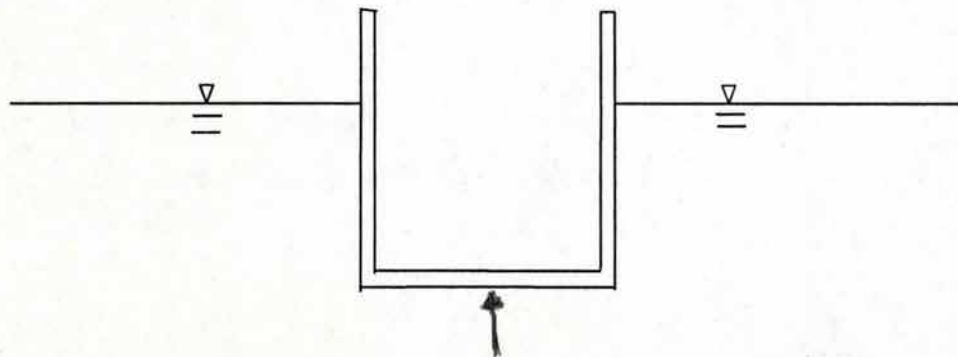
Contesta la opción que corresponda según el Sistema de Unidades que utilizaste para resolver el problema.

- A)  $F = 9780 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 5,2 [\text{m}^2] = 51,01 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right]$
- B)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] = 44,010 [\text{N}]$
- C)  $F = 97800 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 228,852 [\text{kN}]$
- D)  $F = 9810 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 229,554 [\text{Tons}]$
- E)  $F = 1000 \left[ \frac{\text{kg}_f}{\text{m}^3} \right] \times 4,5 [\text{m}] \times 5,2 [\text{m}^2] = 23,400 [\text{kg}_f]$

13. Utiliza el esquema que sigue, el cual representa la base del recipiente y ubica en él, el punto donde se concentra la fuerza hidrostática del problema.

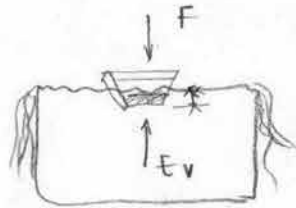


14. ¿Cuál es la dirección que tiene la fuerza hidrostática que calculaste? Márcala en el esquema que se muestra a continuación:





15. Un niño decide jugar con un submarino en la pileta de su casa, la cual se encuentra llena de agua hasta el borde. El chico introduce el juguete en la pileta y el agua se desborda. Escribe lo más completamente posible el fenómeno físico que la situación plantea. (Puedes apoyarte en un dibujo además de escribir la explicación).



El agua se desborda debido al principio de Arquímedes es decir: ?

16. ¿A qué equivale el volumen de agua que se desbordó de la pileta?

Al volumen sumergido del submarino

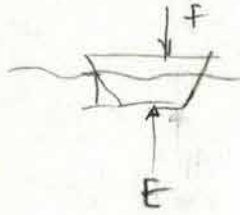
17. ¿Qué se requiere para que un objeto flote en el agua?

① Que ambos estén en equilibrio  
¿Cómo?

18. Suponiendo que el juguete del niño es macizo, pesa  $2 \text{ kg}_f$  y que la mitad de éste flota en la pileta ¿Qué cantidad de agua se derrama?

Considera  $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$

①



$$F = E$$

$$F = \gamma V$$

$$\frac{F}{\gamma} = V = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

19. Con base en la teoría de la Hidrostática, escribe lo más detalladamente posible, cómo se distribuye la presión en un recipiente que contiene agua. El recipiente puede ser de la forma que gustes.

SR

20. Dibuja un esquema que represente lo que redactaste en la pregunta anterior.

SR

## BIBLIOGRAFÍA

- Aebli, H.** 1995. *12 Formas básicas de Enseñar una Didáctica Basada en la Psicología*. 2ª edición, Ed. NARCEA, Madrid.
- Araujo Joaquín.** “*El agua sorbos de vida*”. Lunwerg, España. 2001
- Bloom, B.** 1966. “Taxonomy of Educational Objectives”. *Handbook I Cognitive Domine*, New York. Mc Key Co.
- Bruer John T.** 1995 “*Escuelas para pensar.*” Temas de educación Paidós. Ministerio de Educación y Ciencia. Barcelona.
- Campos, H. Miguel, A.** 1999 “Dificultades en la resolución de problemas matemáticos” en Revista *Desde el Sur* Humanismo y Ciencia, Año 5 No. 15, Ed. CCH Sur-UNAM, pp 51-55.
- Coll, C.** 1990. Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: La concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza. En COLL, C. Marchesi, A y Palacios, J. (compiladores). *Desarrollo psicológico y Educación II. Psicología de la Educación*. Madrid; Alianza, p. P. 435-453.
- COLL, C.** 1987. “Diseño curricular Base y proyectos Curriculares”. En *Cuadernos de Pedagogía*, 168 p. p. 8-14. Barcelona.
- Cronbach, L.** 1980. *Toward reform of program evaluation*. Jossey Bass, San Francisco.
- Díaz Barriga, F. Hernández, G.** 1998. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constuctivista*. Ed. Mc Graw-Hill México D. F.
- Ebel, R.** 1965. *Measurement Educational Achievement*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NY.
- Evelt Jack B. et al.** 1989 “*2500 solved problems in Fluid Mechanics and Hydraulics*” Schaum’s solved Problem series. McGraw-Hill. USA.
- Fregoso, E.** 1995. *Guía de Autoenseñanza. Para elaborar materiales didácticos impresos en sistema abierto y a distancia*. Editado por S.E.P. México D. F.

**Gómez-Granell, C. Coll, C.** 1994 “De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo”. En *Cuadernos de Pedagogía* # 221 p. P. 8-10.

**Giménez Rodríguez, Joaquín.** 1997. *Evaluación en Matemáticas. Una integración de perspectivas.* Síntesis, Madrid.

**Gutiérrez, A. Díaz, J. et. al.** 1991. Área de Conocimiento . Didáctica de las Matemáticas. Ed. Síntesis Madrid España.

**Hwang Ned H.C.** 1981 “*Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems*” Prentice Hall. N.J: USA.

**Lafourcade, P.** 1985. *Evaluación de los aprendizajes.* Editorial Cincel. Madrid.

**McGuigan F.J.** 1983 “*Psicología experimental Enfoque metodológico*” Trillas 3ra. Edición. México.

**NCTM,** 1993. *Assessment Standards for School Mathematics.* The National Council of Teachers of Mathematics. Reston.

**Olson Ruben M.** 1966 “*Essentials of Engineering fluid mechanics* “ Third edition. Intext Educational Publishers. New York, USA.

**Padilla V. Ricardo.** 1993 *Tablas de interés para quien utiliza el sistema internacional de unidades en la ingeniería civil.* Recopilación de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SCFI-1993

**Polya, G.** 1957. *Como plantear y resolver problemas.*  
Ed. Trillas, México D. F.

**Peralta, D.** 1998. *Didáctica de las Matemáticas.*  
Ed. CONALEP. México D. F.

**Pietzsch, G. et. al.** 1982. *Conferencias sobre metodología de la enseñanza de las Matemáticas* 3. Ed. Pueblo y Educación. La Habana Cuba.

**Santos Rochin, R.** 1979. Evaluación del aprovechamiento escolar. UNAM, México.

**Simon Andrew L.** 1992 “*Hidráulica Básica*” Limusa. Reimpresión. México.



**Solé, I.** 1990. Bases psicopedagógicas de la práctica educativa. En T. Mauri, Solé, L., *et. al.* *El curriculum en el centro educativo*. Barcelona I. C. E. /Horsori, p. p.51-90.

**Sullivan James A.** 1978 "*Fundamentals of fluid mechanics*" Reston publishing company. Reston, Virginia USA.

**Trueba Coronel Samuel** 1984 "*Hidráulica*" C.E.C.S.A. México.

**Wrightstone, J. W.** 1950. "Rating Methods" in Encyclopedia of Educational Research. NY. McMillan Co.