
	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 1 / 27

## ÍNDICE

Número	Práctica	Página
1	Reglas de Seguridad del Taller o Laboratorio (según corresponda).	2
2	Medición de velocidad promedio.	8
3	Caracterización de zona de pruebas de túnel de viento circular.	15
4	Medición de coeficiente de arrastre de paracaídas.	23
5	Bibliografía.	29

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAECIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 2 / 27

## REGLAMENTO PARA USO DE LABORATORIOS Y TALLERES

### OBJETIVOS

- Establecer las condiciones generales y las reglas básicas de conducta asociadas al funcionamiento y al uso de los laboratorios y talleres de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC).
- Establecer lineamientos para la seguridad de los usuarios del laboratorio o taller, en el manejo adecuado de los equipos y materiales que allí se encuentren.
- Prestar un eficiente servicio a los usuarios, mediante el adecuado funcionamiento del equipo e instalaciones.

### CAPÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES


**Artículo 1.-** El presente reglamento es de observancia para todos los alumnos, y personal de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

**Artículo 2.-** Son sujetos de este reglamento todos los estudiantes que se encuentren inscritos como alumnos en cualquiera de sus programas educativos, docentes de tiempo completo y asignatura, técnicos académicos, invitados, así como personal administrativo de la "Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología."

**Artículo 3.-** La aplicación y vigilancia del presente reglamento compete al Director de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, a la Subdirector, Administrador y al Coordinador de Programa Educativo, Coordinador de Tronco Común de Ingeniería, Arquitectura y Diseño.

**Artículo 4.-** Para los efectos de este reglamento se entiende por:

- I. "FCITEC", a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.
- II. **Director**, al Director del FCITEC;
- III. **Subdirector**, al Subdirector Académico;
- IV. **Administrador**, al Administrador
- V. **Laboratorio/Taller**, al área destinada para efectuar prácticas, y actividades referentes a las carreras impartidas en el FCITEC; y
- VI. **Comisión de Honor y Justicia**, al órgano encargado de velar por el debido cumplimiento del presente reglamento.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 3 / 27

**Artículo 5.-** Corresponde al Técnico Académico responsable de laboratorio, la coordinación de las actividades referentes al uso y cuidado que debe observarse en los laboratorios del “FCITEC.”

## CAPÍTULO II

### PROCEDIMIENTO PARA EL USO Y CUIDADO DE LOS LABORATORIOS

**Artículo 6.-** La entrada de los alumnos a los laboratorios será con previa programación y horarios destinados para su uso.

**Artículo 7.-** El alumno solo podrá acceder a los laboratorios bajo la supervisión y autorización del profesor de la materia.

**Artículo 8.-** El alumno deberá registrarse para ingresar a los laboratorios, previo registro y credencial vigente legible sin enmendaduras y que lo acredite como alumno del “FCITEC”.

**Artículo 9.-** El plantel no se hace responsable de robo, daños o percances ocasionados al material introducido por el alumno o profesor y que sea utilizado para la elaboración de proyectos de los alumnos por lo que se atenderá lo siguiente:


- a) El material podrá permanecer en el Taller por un lapso no mayor a dos semanas, después de haber sido presentado en su materia.
- b) Si se requiere mayor tiempo de permanencia, deberá ser autorizado por Administración, notificando a la Subdirección Académica.
- c) De no cumplirse lo anterior, el material se dispondrá fuera del área de trabajo sin responsabilidad para “FCITEC”.

**Artículo 10.-** Dentro de los laboratorios los docentes y los alumnos, deberán usar el equipo de seguridad adecuado para el trabajo o práctica que desempeñarán, siendo el profesor a cargo del grupo el indicado para supervisar que los alumnos cumplan con ello.

**Artículo 11.-** El préstamo de material, equipo y herramienta deberá realizarse conforme a la política de préstamos de la FCITEC.

**Artículo 12.-** Cualquier trabajo que se realice dentro de los laboratorios deberá ser supervisado por el profesor responsable de la materia.

**Artículo 13.-** Es responsabilidad del grupo y/o usuario(s), el dejar limpio y en buenas condiciones de uso, las instalaciones (y espacios utilizados durante la práctica) y (así como disponer para del) material que sea utilizado en cualquiera de los distintos laboratorios.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 4 / 27

**Artículo 14.-** Los alumnos que hagan mal uso, en forma parcial o total el equipo y mobiliario de los laboratorios, serán sujetos a la sanción que establezca la Dirección.

**Artículo 15.-** El equipo y herramientas sólo deberán ser utilizados en el interior de las áreas destinadas para su uso. Tratándose de alguna actividad fuera del Taller o Laboratorio, deberá ser autorizado por la Administración

**Artículo 16.-** Queda prohibido el uso de herramienta y/o equipos de laboratorio para realizar trabajos que diferentes a aquellos para los que están destinados.

**Artículo 17.-** Es responsabilidad del usuario, los residuos generados en sus prácticas, conforme a la "Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos". Se deberá reportar al Técnico Académico para su correcta disposición.

### CAPÍTULO III

#### DERECHOS DE LOS USUARIOS

**Artículo 18.-** Son los derechos de los usuarios:


- I. Tener acceso a los laboratorios el día y hora, para realizar prácticas en las asignaturas que así lo requiera, conforme a los horarios oficiales, o previa calendarización y/o agenda de su uso. El docente requerirá previa identificación.
- II. Obtener el préstamo interno del material de laboratorio necesario para realizar sus prácticas, dentro de los primeros 15 minutos de clase, previa identificación con credencial legible y vigente de la "FCITEC", acorde a stock de materiales.
- III. Recibir por parte del Técnico Académico la orientación e información sobre el adecuado uso de los laboratorios.

### CAPÍTULO IV

#### OBLIGACIONES DE LOS USUARIOS

**Artículo 19.-** Las obligaciones de los usuarios son:

- I. Cumplir con todo lo establecido en el presente Reglamento;
- II. Abstenerse de dañar parcial o totalmente el mobiliario, así como de los materiales y equipo del laboratorio.
- III. Usar e identificar el equipo de seguridad adecuado para el trabajo o práctica que desempeñen (No proporcionado por la Universidad).
- IV. Conducirse con respeto hacia el personal administrativo, académico y estudiantil de los laboratorios;
- V. Desarrollar todas y cada una de las actividades de prácticas, dentro del área del laboratorio previamente asignada por el programa educativo respectivo.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 5 / 27

VI. Cuidar el mobiliario de los talleres y/o laboratorios, previamente asignada por el Programa educativo respectivo.

VII. Hacer uso del mobiliario y equipo únicamente para los fines académicos enmarcados por el "FCITEC".

VIII. Por estatuto escolar se tiene tolerancia de 10 minutos para registrar su acceso así mismo registrar salida de los laboratorios al término del uso.

IX. Resarcir daños causados al patrimonio de "FCITEC" de los que resultaren responsables siempre y cuando así lo determine la administración y subdirección académica.

X. Abstenerse de fumar en el interior de los laboratorios.

XI. Abstenerse de introducir alimentos, así como cualquier tipo de bebida al interior de las instalaciones;

XII. Abstenerse de dejar basura en el interior de los laboratorios;

XIII. Para el préstamo de materiales y equipo, se deberá referir a las políticas de préstamo;

XIV. Abstenerse de sacar o introducir a los laboratorios, cualquier tipo de material sin previa autorización del responsable;

XV. Abstenerse de operar cualquier máquina o equipo sin autorización y supervisión del docente o del responsable de los laboratorios y/o talleres;

XVI. Reportar inmediatamente cualquier accidente de trabajo ocurrido en los laboratorios y/o talleres;


XVII. Abstenerse de permanecer, dentro de los laboratorios fuera de los horarios asignados para sus respectivas prácticas, sin previa autorización.

XVIII. Llenar la bitácora de uso diario del equipo con todos los datos solicitados en el formato.

XIX. Para hacer uso de los laboratorios y/o talleres es necesario estar dado de alta en el seguro facultativo y presentar el comprobante de la vacuna de tétanos, cuando se le requiera.

XX. Revisar la máquina y/o equipo antes y después de su uso, para asegurarse que se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.

XXI. Activar ante el IMSS su seguro facultativo, para tener acceso a los laboratorios y talleres de "FCITEC". Es responsabilidad del docente verificar que el estudiante bajo su cargo tenga activo el seguro facultativo y en el caso que corresponda comprobar que tenga la vacuna del tétanos con los refuerzos.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 6 / 27

## CAPÍTULO V

### REGLAS DE SEGURIDAD

**Artículo 20.-** El alumno, desde el momento mismo que ingrese a las instalaciones de los laboratorios o talleres, deberá observar la seguridad en las instalaciones, debiendo actuar con cautela y prudencia en el manejo de los aparatos e instrumentos que utilice para sus prácticas, tomando en consideración que por su propia naturaleza resulta de peligro utilizarlos en forma indebida. Así mismo deberá identificar las rutas y salidas de evacuación.

**Artículo 21.-** Los usuarios deberán utilizar el uniforme, pantalón, zapato cerrado y accesorios de seguridad que correspondan acorde a la NOM-017-STPS-2008.

**Artículo 22.-** En las prácticas que se utilicen sustancias químicas, deberán tomarse las medidas de seguridad pertinentes, que serán evaluadas por el profesor responsable.

**Artículo 23.-** Cualquier problema identificado en el laboratorio o taller, deberá ser notificado inmediatamente al profesor titular de la materia y/o al Técnico Académico.

## CAPÍTULO VI

### SANCIONES


Sin menoscabo de las sanciones previstas por otros ordenamientos, los usuarios de los laboratorios y/o talleres, serán responsables por el incumplimiento de las presentes disposiciones, y serán sancionados de conformidad a lo establecido por el artículo 26 del presente Reglamento, mismas que podrán ser aplicadas en forma individual o colectiva.

**Artículo 24.-** A los usuarios que infrinjan las disposiciones del presente Reglamento podrán ser sujetos a las siguientes sanciones, de conformidad con la gravedad de la falta Sic. Artículo 126 & 127 del estatuto escolar:

- I. Amonestación verbal;
- II. Amonestación por escrito;
- III. Reposición;
- IV. Suspensión de los derechos de usuario; y
- V. Suspensión de los derechos académicos.

**Artículo 25.-** A los usuarios que infrinjan alguna de las obligaciones señaladas en el Artículo 21 del presente Reglamento se harán acreedores a las sanciones siguientes:

- I. Amonestación verbal, a las conductas señaladas en las fracciones I, III, V; VII, VIII, X y XVII;
- II. Amonestación por escrito con copia a su expediente, a las conductas señaladas en las fracciones XIII, XIV y XV;
- III. Reposición, a las conductas señaladas en las fracciones II y VII Observando lo

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 7 / 27

siguiente:

a). En caso de pérdida, destrucción total o parcial de mobiliario el alumno deberá reponer dicho material en un término no mayor de quince días naturales improrrogables o bien cuando se trate de material deberá reponerlo por otro similar; tratándose de materiales discontinuados o especiales, se tendrá que pagar el costo adicional por a dificultad que genere su reposición a los laboratorios de "FCITEC".

IV. Suspensión de los Derechos de usuario, a las conductas señaladas en las fracciones II VII y XV II observando lo siguiente:

a) Cuando se trate de material dañado a partir de la fecha de la sanción, que concluirá cuando el material dañado sea repuesto por el usuario.

V. Suspensión de los Derechos Académicos, a las conductas señaladas en las fracciones II, XI XII y XV observando lo siguiente:

a) Será suspendido seis meses en sus derechos académicos a partir de la comisión de la falta, a partir del inicio o término del siguiente semestre.

**Artículo 26.-** Al finalizar cada semestre los Técnicos Académicos responsables de Talleres enviará a la Administración el listado de alumnos, académicos y otros usuarios que incumplan las condiciones de préstamo, con copia al expediente académico del alumno moroso, para que se le impongan las sanciones previstas en este Reglamento.

**Artículo 27.-** A los empleados académicos y administrativos, que incurran en alguna de las faltas mencionadas en estas disposiciones, se les aplicarán las sanciones o medidas disciplinarias que procedan de acuerdo a la Ley del Trabajo de los Servidores Públicos del Estado y Municipios y la Ley de Responsabilidades de los Servidores Públicos del Estado y Municipios.


**Artículo 28.-** Las sanciones se impondrán tomando en consideración las condiciones personales y los antecedentes del infractor, las circunstancias en que se cometió la falta y la gravedad de la misma.

**Artículo 29.-** En todos los casos de responsabilidad relacionada con el uso de laboratorios, se otorgará al responsable de garantía de audiencia, ante la autoridad universitaria correspondiente.

## TRANSITORIOS

**ARTÍCULO PRIMERO.** - El Presente Reglamento entrará en vigor a partir del periodo escolar 2018-2. Se publicará a través del órgano informativo interno del "FCITEC".

**ARTÍCULO SEGUNDO.** - Las situaciones no previstas en este Reglamento serán resueltas por la Dirección de "FCITEC".

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 8 / 27

## PRÁCTICA 1. Medición de velocidad promedio

### 1. Objetivo

Determinar la velocidad promedio en el túnel de viento circular utilizando las normas de medición adecuadas.

### 2. Alcance

Obtener la velocidad promedio del túnel de viento para un régimen de Reynolds turbulento.


### 3. Definiciones

Para calcular la velocidad promedio en la zona de pruebas del túnel de viento circular, mostrado en la figura 1, se determina la presión dinámica en diferentes puntos distribuidos en la sección transversal mostrada en la figura 2 (0.76m x 3.26m), la cantidad de puntos de medición se determinan basados en la norma ISO 3966 [1], en este se utilizan 18 puntos tal como se indica en la figura 3.



Figura 1.- Túnel de viento circular de FCITEC-UABC



	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 9 / 27

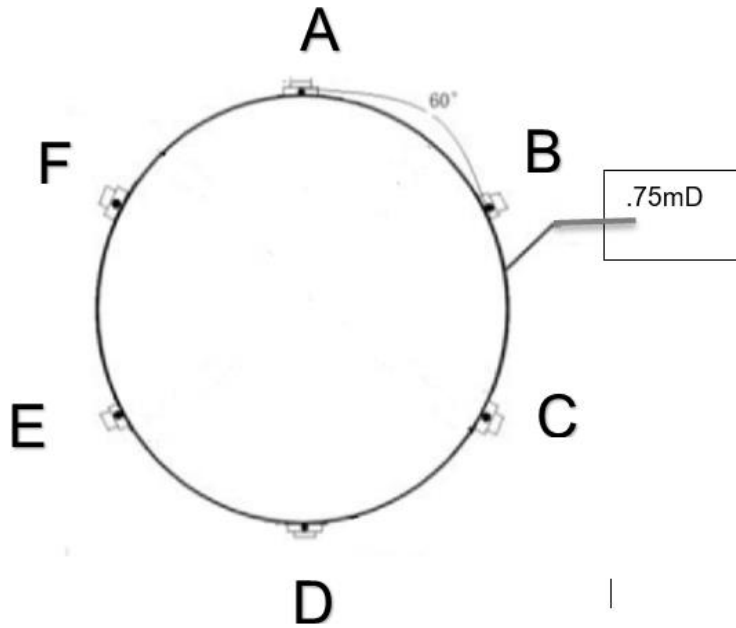


Figura 2.- Visualización de los puntos de túnel de viento para medición en velocidad promedio.

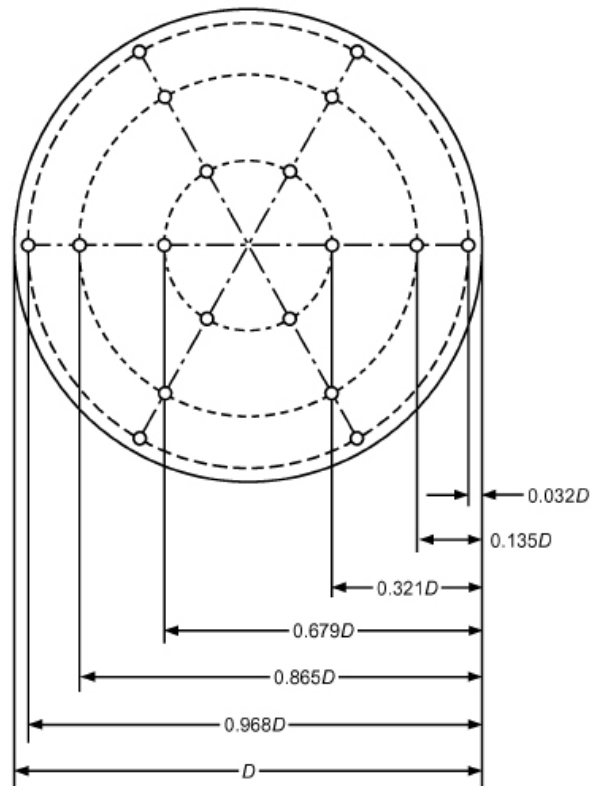



Figura 3.- Distribución de puntos de medición en la sección transversal según la norma ISO 3966.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 10 / 27

La velocidad en cada punto ( $U_i$ ) se determinará utilizando la ecuación siguiente [2]:

$$U_i = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

Dónde:  $U_i$  = velocidad puntual (m/s),  $\Delta P$  = presión dinámica (Pa) y  $\rho$  = densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$$\underline{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Dónde:  $\underline{U}$  = velocidad promedio (m/s) y n = cantidad total de la muestra.

La velocidad media se usa para calcular la desviación estándar ( $S_x$ ) de la muestra:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u - \underline{u})^2} \quad (3)$$


El valor verdadero  $u^*$  representa el valor más probable de la velocidad y se expresa como:

$$U^* = \underline{U} \pm S_x (P\%) \quad (4)$$

La probabilidad asignada (P%) es del 95.45% como lo indica Figliola [2].

El cálculo de la densidad del aire ( $\rho$ ) en el interior del túnel de viento se realiza utilizando la ecuación de gas ideal como lo indican Becerra y Guardado [3], la cual es:

$$\rho = \frac{PM_a}{ZRT} \left[ 1 - X_V \left( 1 - \frac{M_a}{M_v} \right) \right] \quad (5)$$

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 11 / 27

Dónde:  $M_a$  = masa molar de aire húmedo (kg/mol),  $M_v$  = masa molar de agua (kg/mol),  $P$  = presión absoluta (Pa),  $R$  = constante de gas (8.314510 J / K mol),  $T$  = temperatura absoluta (K),  $X_v$  = fracción molar de vapor de agua y  $Z$  = factor de compresibilidad.

Los números adimensionales que caracterizan el flujo son:

Para calcular el número de Mach se utiliza la ecuación indica por White [4]:

$$M = \frac{U}{C} \quad (6)$$

La velocidad del sonido ( $C$ ) en el aire a la temperatura a la cual se realiza el experimento se determina por la ecuación:

$$C = \sqrt{kRT} \quad (7)$$

Dónde:  $k$  = relación de calores específicos (1.4).

El régimen de flujo se determina utilizando la ecuación de Reynolds, la cual es:


$$Re = \frac{\rho R U}{\mu} \quad (8)$$

Dónde:  $R$  = radio hidráulico (m) y  $\mu$  = viscosidad dinámica del aire (Pa-s).

#### 4. Responsabilidades.

El profesor entregará a los estudiantes los materiales para desarrollar la práctica mostrados en la figura 4:

- A. Anemómetro digital.
- B. Tubo de pitot de 24 pulgadas.
- C. Soporte de tubo de pitot.
- D. Soporte especial de tubo pitot para túnel de viento circular.
- E. Llave Allen.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 12 / 27

El alumno se presentará al laboratorio de manera puntual y portando:

- i. Bata de laboratorio.
- ii. Zapatos de seguridad.
- iii. Vale de solicitud de material.
- iv. Practica de laboratorio.
- v. Laptop con programa de análisis estadístico.
- vi. Cronómetro.
- vii. Marcador color negro.

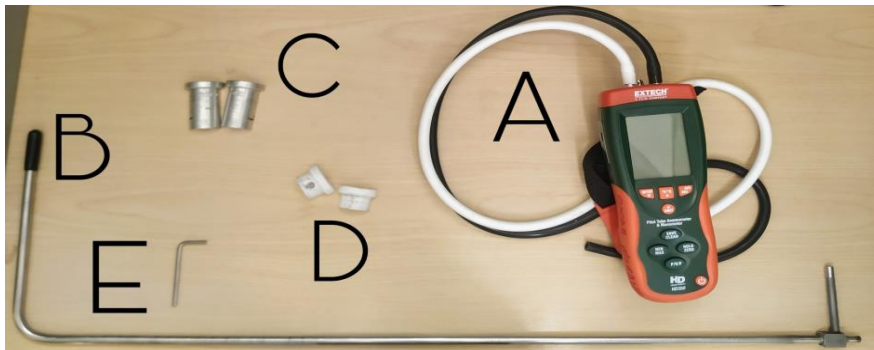



Figura 4.- Equipo para desarrollo de práctica.

## 5. Procedimiento

1. Encender el túnel de viento a la potencia acordada con el profesor (HIGH o LOW).
2. Marcar en el tubo pitot las coordenadas de posición indicadas en la figura 3.
3. Sujetar el tubo pitot en los soportes de la zona de pruebas, ajustar utilizando la llave allen.
4. Colocar la sonda en la zona de pruebas en el primer punto a medir, cuidando que el instrumento sea paralelo al flujo.
5. Iniciar la recolección de datos: Presión dinámica en Pascales.





	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 15 / 27

## PRÁCTICA 2. Caracterización de zona de pruebas de túnel de viento circular

### 1. Objetivo

Caracterizar la zona de pruebas del túnel de viento circular de FCITEC-UABC.

### 2. Alcance

Obtener los perfiles de velocidad del túnel de viento para dos velocidades (HIGH y LOW)

### 3. Definiciones

Para calcular los perfiles de velocidad en la zona de pruebas del túnel de viento circular, se cuenta con 3 zonas de medición (A, B y C) colocadas longitudinalmente como se indica en la figura 1, en cada uno de ellas se determina la velocidad a lo largo del eje "z", determinando la velocidad en 70 puntos distribuidos en la sección transversal, tal como se indica en la figura 2. Las coordenadas de cada uno de los puntos se muestran en la tabla I.

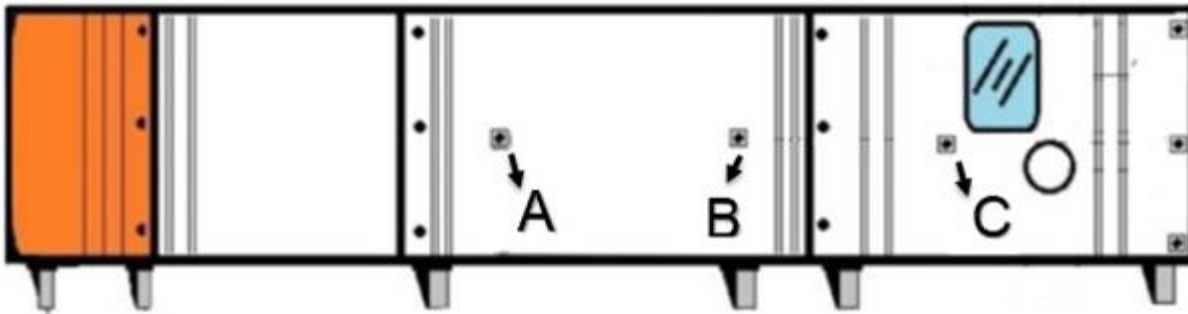



Figura 1.- Distribución de zonas de medición en el eje longitudinal.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAECIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 16 / 27

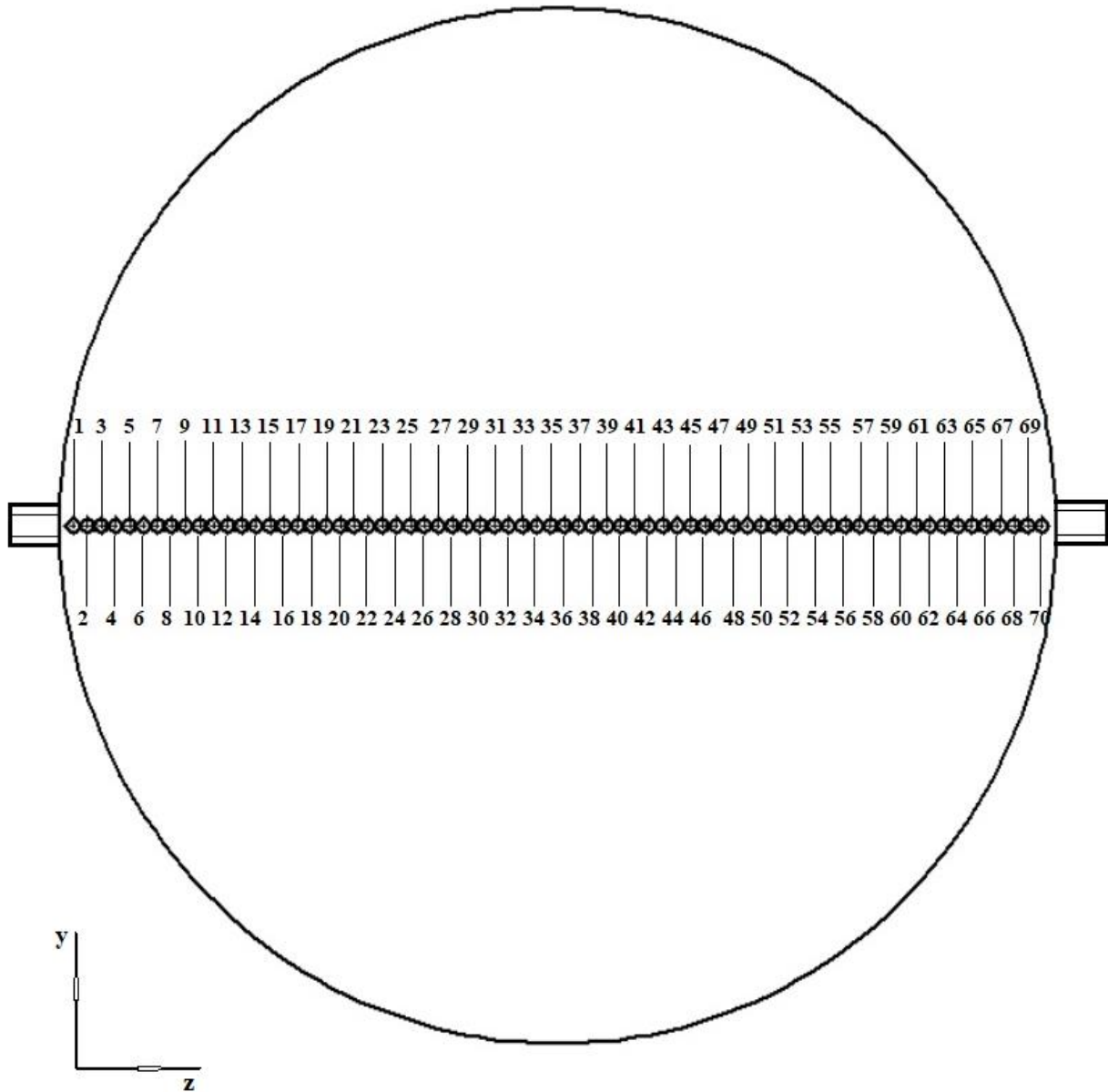



Figura 2.- Distribución de puntos de medición en la sección transversal en cm.



	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 17 / 27


**Tabla 1. Distribución de puntos de medición para obtener U.**

	distancia	punto	distancia	punto	distancia	punto	distancia	punto	distancia
1	0.01m	16	0.16m	31	0.31m	46	0.46m	61	0.61m
2	0.02m	17	0.17m	32	0.32m	47	0.47m	62	0.62m
3	0.03m	18	0.18m	33	0.33m	48	0.48m	63	0.63m
4	0.04m	19	0.19m	34	0.34m	49	0.49m	64	0.64m
5	0.05m	20	0.20m	35	0.35m	50	0.50m	65	0.65m
6	0.06m	21	0.21m	36	0.36m	51	0.51m	66	0.66m
7	0.07m	22	0.22m	37	0.37m	52	0.52m	67	0.67m
8	0.08m	23	0.23m	38	0.38m	53	0.53m	68	0.68m
9	0.09m	24	0.24m	39	0.39m	54	0.54m	69	0.69m
10	0.10m	25	0.25m	40	0.40m	55	0.55m	70	0.70m
11	0.11m	26	0.26m	41	0.41m	56	0.56m		
12	0.12m	27	0.27m	42	0.42m	57	0.57m		
13	0.13m	28	0.28m	43	0.43m	58	0.58m		

#### 4. Responsabilidades.

El profesor entrega a los estudiantes los materiales para la práctica mostrados en la figura 3.

- A. Anemómetro digital.
- B. Tubo de pitot de 24 pulgadas.
- C. Soporte de tubo de pitot.
- D. Soporte especial de tubo pitot para túnel de viento circular.
- E. Llave Allen.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 18 / 27

El alumno se presentará al laboratorio de manera puntual y portando:

- viii. Bata de laboratorio.
- ix. Zapatos de seguridad.
- x. Vale de solicitud de material.
- xi. Practica de laboratorio.
- xii. Laptop con programa de análisis estadístico.
- xiii. Cronómetro.
- xiv. Marcador color negro.

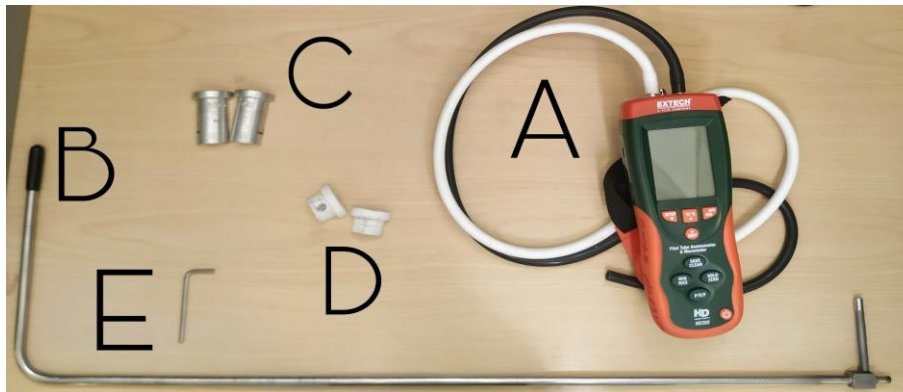



Figura 3.- Equipo para desarrollo de práctica.

## 5. Procedimiento

1. Encender el túnel de viento a la potencia acordada con el profesor.
2. Marcar en el tubo pitot las coordenadas de posición indicadas en la tabla 1.
3. Sujetar el tubo pitot en los soportes de la zona de pruebas, ajustar utilizando la llave allen.
4. Colocar la sonda en la zona de pruebas en el primer punto a medir, cuidando que el instrumento sea paralelo al flujo.
5. Iniciar la recolección de datos: Velocidad registrada en metros sobre segundos.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 19 / 27

6. Después de obtener las mediciones máximas y mínimas en el punto medido, colocar la sonda en el siguiente punto, repetir el proceso hasta terminar con los 70 puntos indicados según la norma.
7. Terminadas las mediciones, retirar la sonda y apagar el ventilador.
8. Colocar las guardas de seguridad del túnel de viento.
9. Colocar la información obtenida en la tabla 2.
10. Dibujar los perfiles de velocidad que se obtuvieron y compararlos con los presentados en la figura 4, la cual muestra el comportamiento del flujo impulsado por un ventilador axial a través de un conducto rectangular [5]:

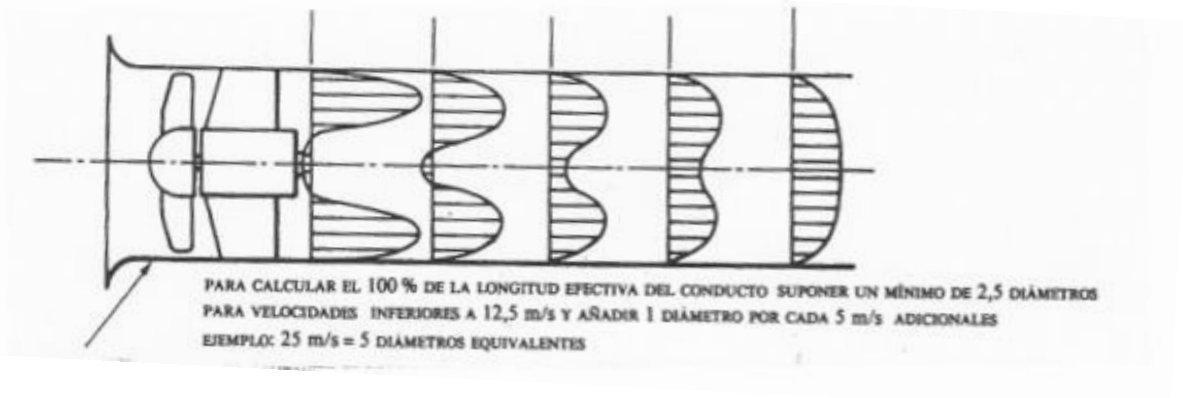


Figura 4. Perfil de velocidad para un túnel circular.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
 TECNOLOGÍA  
 UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

CÓDIGO: SG-PE-IAE

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAECIAL


REVISIÓN No. 1

MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS

PÁGINA 20 / 27

punto	Promedio de velocidad				punto	Promedio de velocidad				punto	Promedio de velocidad			
	23.2%	60.2%	75.4%	99.0 %		23.2%	60.2%	75.4%	99.0%		23.2%	60.2%	75.4%	99.0%
1					23					45				
2					24					46				
3					25					47				
4					26					48				
5					27					49				
6					28					50				
7					29					51				
8					30					52				
9					31					53				
10					32					54				
11					33					55				
12					34					56				
13					35					57				
14					36					58				
15					37					59				
16					38					60				
17					39					61				
18					40					62				
19					41					63				
20					42					64				
21					43					65				
22					44					66				

Tabla 2. Tabla para datos promedio de velocidad.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 21 / 27

### PRÁCTICA 3. Medición de coeficiente de arrastre de paracaídas.

#### 1. Objetivo

Determinar el coeficiente de arrastre en un paracaídas dentro de un túnel de viento circular.

#### 2. Alcance

Obtener el coeficiente de arrastre para un paracaídas propuesto por el alumno a un régimen de flujo turbulento.

#### 3. Definiciones

Para calcular el coeficiente de arrastre del paracaídas en el túnel de viento circular, se determina la velocidad promedio en la salida del túnel de viento y la fuerza de arrastre de un paracaídas ubicado en el centro de la sección transversal del túnel de viento, como se muestra en la figura 1. Para la obtención de la velocidad promedio a la salida del túnel de viento se sigue la misma metodología de la práctica 1.

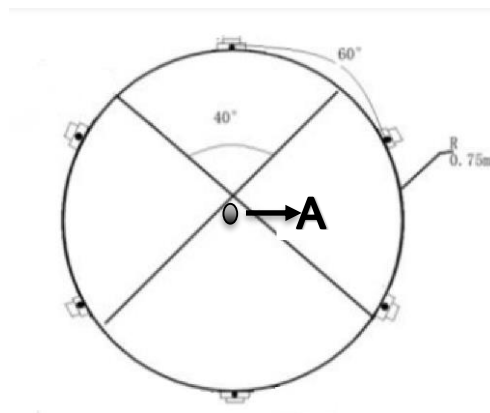



Figura 1.- Sección transversal del túnel de viento circular y zona A donde será colocado el paracaídas.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAZIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 22 / 27

El coeficiente de arrastre se obtiene utilizando la ecuación [4]:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho UA^2} \quad (1)$$

Dónde:  $F_D$  = Fuerza de Arrastre (N),  $\rho$  = Densidad (kg/m<sup>3</sup>),  $U$  = Velocidad Promedio (m/s) y  $A$  = Área del paracaídas.

El alumno seleccionara el paracaídas a estudiar según lo indicado en la figura 2.

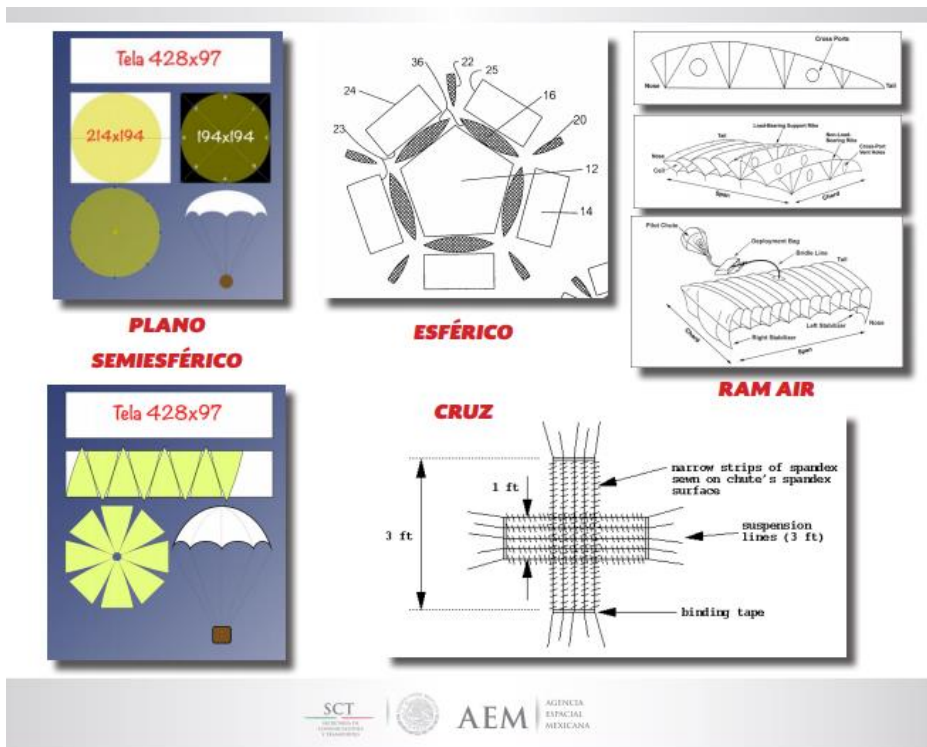



Figura 2. Tipos de paracaídas.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 23 / 27

#### 4. Responsabilidades.

El profesor entregará a los estudiantes los materiales para la práctica mostrados en las figuras 2, 3 y 4:

- A. Anemómetro digital.
- B. Tubo de pitot de 24 pulgadas.
- C. Soporte de tubo de pitot.
- D. Soporte especial de tubo pitot para túnel de viento circular.
- E. Llave Allen.
- F. Kit de Dinamómetro Digital.
- G. Sujetador de paracaídas.
- H. Extensión de sujetador.
- I. Tornillos del Dinamómetro Digital.
- J. Paracaídas de Nylon.

El alumno se presentará al laboratorio de manera puntual y portando:

- i. Bata de laboratorio.
- ii. Zapatos de seguridad.
- iii. Vale de solicitud de material.
- iv. Practica de laboratorio.
- v. Laptop con programa de análisis estadístico.
- vi. Cronómetro.
- vii. Marcador color negro.

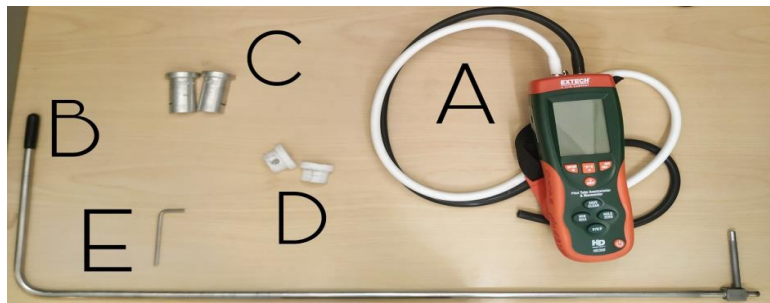



Figura 2.- Equipo para desarrollo de práctica.

	<p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  TECNOLOGÍA  UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS</p>	<p>CÓDIGO: SG-PE-IAE</p>
	<p>PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAICIAL</p>	<p>REVISIÓN No. 1</p>
	<p>MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS</p>	<p>PÁGINA 24 / 27</p>

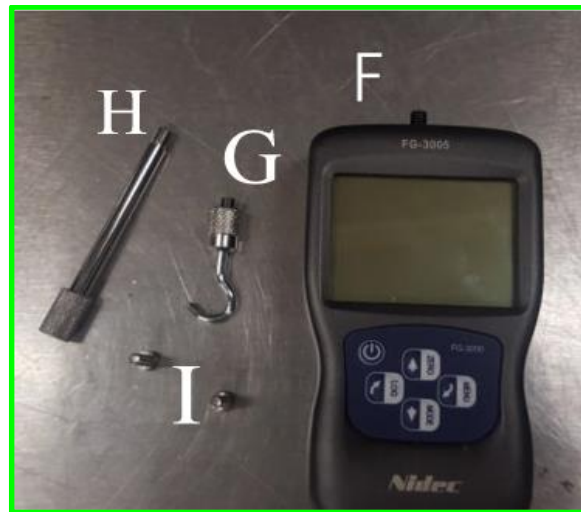



Figura 3.- Dinamómetro utilizado para el desarrollo de la práctica.



Figura 4. Paracaídas de Nylon extendido. Figura 5. Paracaídas de Nylon doblado.




	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAECIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 25 / 27

## 5. Procedimiento

1. Encender el túnel de viento a la potencia acordada con el profesor (HIGH o LOW).
2. Marcar en el tubo pitot las coordenadas de posición indicadas en la figura 3 de la práctica 1.
3. Sujetar el tubo pitot en los soportes de la zona de pruebas, ajustar utilizando la llave allen.
4. Colocar la sonda en la zona de pruebas en el primer punto a medir, cuidando que el instrumento sea paralelo al flujo.
5. Iniciar la recolección de datos: Velocidad del fluido en metros sobre segundo.
6. Después de obtener 10 mediciones en el punto medido, colocar la sonda en el siguiente punto, repetir el proceso hasta terminar con los 3 puntos en cada zona del túnel de viento (A, B, C, D, E o F) indicada según la norma.
7. Terminadas las mediciones, retirar la sonda y apagar el ventilador.
8. Colocar las guardas de seguridad del túnel de viento.
9. Capturar en Excel los datos obtenidos y obtener la Velocidad Promedio Total.
10. Una vez obtenida la velocidad promedio en la zona de pruebas, instalar el dinamómetro en el interior del túnel de viento a una distancia de 0.45m.




Figura 6. Dinamómetro instalado dentro del túnel de viento.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROSPAECIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 26 / 27

11. Colocar el paracaídas en el dinamómetro cuidando que su forma quede lineal al conducto. Es decir que quede de frente al desplazamiento del fluido generado por el ventilador, para que la lectura del instrumento de velocidad sea acertada, y precisa.
12. Cerrar la ventanilla de visualización, para evitar que el fluido escape.
13. Encender el ventilador en la velocidad indicada por el profesor (HIGH o LOW).
14. Tomar apuntes de la fuerza de arrastre que arroja el instrumento de medición y obtener la densidad del aire en el momento de la experimentación.
15. Con los datos obtenidos, utilizar la ecuación (1) para calcular el coeficiente de arrastre.
16. Llenar la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de captura de datos de la fuerza de arrastre.

Potencia del túnel de viento	Fuerza de arrastre $F_D$	Área del paracaídas $A$	Coeficiente de arrastre
LOW			
HIGH			

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS	CÓDIGO: SG-PE-IAE
	PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AEROESPACIAL	REVISIÓN No. 1
	MANUAL DE PRÁCTICAS DE DINAMICA DE FLUIDOS	PÁGINA 27 / 27

## 6. Bibliografía

- [1] International Organization for Standardization (Measurement of fluid flow in closed conduits — Velocity area method using Pitot static tubes) [3966], 2008.
- [2] S. Figliola y D. Beasley, Mediciones Mecánicas Teoría y Diseño, 3ª Edición, Ed. Alfaomega, México, 2003, pp. 131-146.
- [3] S. Becerra y G. Guardado, Estimación de la Incertidumbre en la Determinación de la Densidad del Aire, Centro Nacional de Metrología, Querétaro, 2003, pp. 1-23.
- [4] F. White, Viscous Fluid Flow, 2ª Edición, Ed. McGraw Hill, U.S.A., 1991, pp. 397-400.
- [5] S. Wang, Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, 2ª edición, Ed. McGraw-Hill, Nueva York, 2001, pp. 17.77.