

# CONSTRUCCIÓN DE UN Tubo de Venturi semiautomático

## Semi-automatic Venturi Tube building

**Fecha de recepción:** 8 de octubre de 2009

**Fecha de aprobación:** 27 de octubre de 2009

Por AMAL, HOSNI VITERI

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad Mariana  
Pasto - Colombia  
[amalhospiviteri@hotmail.com](mailto:amalhospiviteri@hotmail.com)

AURAMARÍA, LÓPEZ FUENMAYOR

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad Mariana  
Pasto - Colombia  
[alopez04@hotmail.com](mailto:alopez04@hotmail.com)

YENNIFER ANDREA, REVELO VERA

Estudiante Ingeniería de Sistemas  
Universidad Mariana  
Pasto - Colombia  
[andreyenni@hotmail.com](mailto:andreyenni@hotmail.com)

Asesores: ÁLVARO ALEXANDER, MARTÍNEZ NAVARRO

Profesor Tiempo Completo  
Universidad Mariana  
Pasto - Colombia  
[amartinez@umariana.edu.co](mailto:amartinez@umariana.edu.co)

JAIME, LÓPEZ

Profesor Tiempo Completo  
Universidad Mariana  
Pasto - Colombia  
[jaloween@hotmail.com](mailto:jaloween@hotmail.com)

### RESUMEN

Este proyecto utiliza la automatización de procesos como una alternativa para el desarrollo de prácticas de Mecánica de fluidos, utilizando el Tubo de Venturi, dispositivo dotado de sensores electrónicos, tarjeta de adquisición, un acondicionamiento mecánico y un software de procesamiento de datos que almacena los registros de manera persistente en una base de datos.

Con esta herramienta tecnológica los estudiantes y docentes de la Universidad Mariana pueden realizar un procesamiento de información adecuado y acorde con los contenidos analíticos de los espacios académicos correspondientes a estas temáticas, permitiendo apreciar que la Ingeniería de Sistemas se integra con otras áreas como la Física y la Electrónica, facilitando la comprobación de principios como la Ecuación de Continuidad y el Teorema de Bernoulli.

### PALABRAS CLAVE

Tubo de Venturi, sensor de presión y de velocidad, adquisición de datos, software, base de datos

### ABSTRACT

This project uses automation process as an alternative for the development of practical fluid mechanics using Venturi tube, the device is equipped with electronic sensors, an acquisition card, mechanical devices and data processing software that stores data records persistently in a database.

---

With this technological tool students and teachers from the Mariana University can perform an adequate information process and in according with the academic spaces corresponding to these topics, allowing to appreciate that the Systems Engineering integrated with other areas such as Physics and Electronics, facilitates the verification of principles like the Continuity Equation and Bernoulli's Theorem.

### KEY WORDS

Venturi tube, pressure and speed sensor, data acquisition, software, database.

### INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo, la automatización de procesos se ha convertido en la forma moderna de utilizar la tecnología de punta para el desarrollo de las ciencias, especialmente las exactas. Una de estas disciplinas es la Física que, desarrollada en el trayecto de la carrera de Ingeniería de Sistemas, necesita interactuar de manera directa utilizando dichas tecnologías. Es por esto que la existencia de elementos discretos de medición (sensores), hacen viable la tarea de realizar esa interacción; de ahí la necesidad de la creación de un tubo de Venturi semiautomático que dé la oportunidad de evidenciar, de manera práctica, algunas teorías como la Ecuación de Continuidad y el Teorema de Bernoulli.

Por lo tanto, el presente proyecto busca mejorar el nivel de confiabilidad en la toma de datos (presión y velocidad), en las prácticas desarrolladas en el laboratorio de Física de la Universidad Mariana con Tubo de Venturi, mediante la construcción de un sistema semiautomático que utilice dispositivos electrónicos acoplados a sistemas mecánicos y a un programa de adquisición.

El Tubo de Venturi semiautomático fue construido a partir de una investigación de enfoque empírico analítico y tipo aplicada, casi – experimental, en donde se comenzó por indagar de forma teórica, utilizando la

revisión documental y los conceptos de la Física que serían incluidos en el sistema; a partir de este fundamento, se continuó con la realización de un diagnóstico del proceso de toma de datos en las prácticas del Tubo de Venturi, con el propósito de identificar sus ventajas y desventajas, tomando como población los estudiantes de tercer semestre del programa de Ingeniería de Sistemas, quinto semestre de Ingeniería Ambiental y al laboratorista de Física de la Universidad Mariana, para luego determinar los componentes Hardware y Software necesarios para construir, probar e implantar el sistema semiautomático en el Laboratorio de Física de la misma universidad y, finalmente, determinar su confiabilidad por medio de la construcción y aplicación de una estrategia de validación.

### 1. METODOLOGÍA

El paradigma de esta investigación es cuanti-cualitativo porque asume la medición y la cuantificación de los datos que se toma en el desarrollo experimental, describiendo su comportamiento y teniendo en cuenta los actores que estudia. Para tal caso, velocidad y presión son medidas dentro del Tubo y analizadas en el software bajo el concepto de la ecuación teórica.

El enfoque de esta investigación es Empírico Analítico, ya que se basa en la experiencia adquirida por los estudiantes tomados como población y muestra, en cuanto al desarrollo de prácticas con conceptos teóricos adquiridos y descritos; se ubica en el contexto de las ciencias exactas cuyo principio es la comprobación de hipótesis a través de modelos cuantitativos; además los datos serán analizados para lograr el objetivo de esta investigación.

La estructura del proceso de investigación seguido para construir el Tubo de Venturi semiautomático se aprecia en la tabla 1, en donde se puede observar que cada uno de los propósitos es desarrollado teniendo como base una fuente de información que se aprovecha mediante una técnica de recolección; de esta manera es posible tener un conjunto de datos que son procesados utilizando una técnica específica según la clase de información que se quiere analizar y así producir los resultados que más adelante en este artículo se describe.

**Cuadro 1. Estructura del proceso de investigación**

OBJETIVO	FUENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADO
----------	--------	----------------------------------	------------------------------------	-----------

**2. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

De acuerdo con la estructura de proceso de investigación, a continuación se describe cada uno de los resultados de los objetivos propuestos:

**2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En la tabla 2 se observa de forma general la forma en que se hizo la selección de temas para la construcción del Tubo de Venturi semiautomático:

**Cuadro 2. Desarrollo del primer objetivo investigativo**

OBJETIVO	FUENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADO
Realizar una revisión bibliográfica de los fundamentos teóricos del Tubo de Venturi, para determinar las temáticas que se aplicará al proyecto.	Libros e Internet	Revisión de documentos	Elaboración de resúmenes, Mapas conceptuales, Cuadros sinópticos	Listado de temáticas a desarrollar.  Mapas.

Después de haber realizado la revisión bibliográfica acerca de las diversas temáticas, se obtuvo el siguiente listado que contribuyó al desarrollo del proyecto:

- Mecánica de fluidos
- Ecuación de continuidad
- Teorema de Bernoulli
- Tubo de Venturi
- Teoría general de sistemas
- Ingeniería de Sistemas
- Base de datos
- Automatización
- Electrónica

El siguiente cuadro sinóptico resume los temas que se incluirá en el desarrollo del Tubo de Venturi semiautomático:

---

## TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Se fundamenta en tres premisas básicas {  
Los sistemas existen dentro de sistemas  
Los sistemas son abiertos  
Las funciones de un sistema dependen de su estructura

### Sistema

Conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia.

Formado por:

**Propósito u objetivo:** Las unidades o elementos (u objetos), como también las relaciones, definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo.

**Globalismo o totalidad:** El sistema siempre reaccionará globalmente a cualquier estímulo producido en cualquier parte o unidad.

De los cambios y de los ajustes continuos del sistema se deriva dos fenómenos:

**Entropía:** Tendencia que los sistemas tienen al desgaste, a la desintegración. A medida que la entropía aumenta, los sistemas se descomponen en estados más simples.

**Homeostasis:** Es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. Los sistemas tienen una tendencia a adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios externos del medio ambiente.

### INGENIERÍA DE SISTEMAS

Aplicación de metodologías que, a través del uso de un proceso iterativo de definición, síntesis, análisis, diseño, prueba y evaluación sirven para:

Integrar parámetros técnicos relacionados para asegurar la compatibilidad de todas las interfaces físicas y funcionales de manera que optimicen la definición y diseño del sistema total.

Para Hall, es una tecnología por la que el conocimiento de investigación se traslada a aplicaciones que satisfacen necesidades humanas mediante una secuencia de planes, proyectos y programas de proyectos.

Para IEEE: es la aplicación de las ciencias matemáticas y físicas para desarrollar sistemas que utilicen económicamente los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad.

La ingeniería de sistemas tiene en cuenta:

**INGENIERÍA DE SOFTWARE:** designa el conjunto de técnicas destinadas a la producción de un programa de computadora, más allá de la sola actividad de programación.

**El software** es el conjunto de instrucciones que permite al hardware de la computadora desempeñar un trabajo útil

La ingeniería de software requiere llevar a cabo muchas tareas, tales como:

*Análisis de requisitos:* El resultado del análisis de requisitos con el cliente se plasma en el documento ERS, *Especificación de Requerimientos del Sistema*.

*Especificación:* describir detalladamente el software

*Diseño y arquitectura:* determinar cómo funcionará de forma general sin entrar en detalles. Se define los casos de uso para cubrir las funciones que realizará el sistema y se transforma las entidades definidas en el análisis de requisitos en clases de diseño, obteniendo un modelo cercano a la programación orientada a objetos

*Programación*

*Prueba:* comprobar que el software realice correctamente las tareas indicadas en la especificación

*Mantenimiento:* Mantener y mejorar el software para enfrentar errores descubiertos y nuevos requisitos

*Desarrollo de software:* modelos o paradigmas de desarrollo (ciclos de vida).

## BASE DE DATOS

Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente.

Se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada.

Datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

## 2.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE TOMA DE DATOS

En la tabla 3 se observa de forma general la forma en que se hizo el diagnóstico en el proceso de toma de datos en las prácticas con Tubo de Venturi:

**Cuadro 3. Desarrollo del segundo objetivo investigativo**

OBJETIVO	FUENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADO
Realizar un diagnóstico en el proceso de toma de datos en las prácticas del Tubo de Venturi con el propósito de identificar ventajas y desventajas.	Laboratorista Estudiantes Libros e Internet.	Entrevista estructurada, Encuestas estructuradas, Revisión de documentos	Estadística descriptiva, Matriz	Cuadro de ventajas y desventajas.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se realizó una encuesta a estudiantes de los programas de Ingeniería de Sistemas y Ambiental, para determinar el nivel de conocimiento acerca de la temática. De igual forma se realizó una entrevista a los encargados del laboratorio de Física de dos universidades de Pasto, con

el fin de ver el proceso en la toma de datos utilizando el Tubo de Venturi.

El resultado obtenido después de aplicar los instrumentos, se ve reflejado en las siguientes tablas:

**Cuadro 4. Ventajas y desventajas del Tubo de Venturi**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
	El Tubo de Venturi que existe actualmente en el laboratorio no presenta una estructura acorde con las necesidades para el desarrollo de la práctica.
Los manómetros pueden ser medidos fácilmente	Los manómetros están elaborados con manguera, lo que ocasiona que el nivel de alcohol con el que se observa la medición se adhiera a la superficie de la misma.
	La toma de datos se realiza por observación directa y de forma manual, generando que los datos registrados varíen constantemente.
	No se puede calcular la velocidad del fluido, porque no se cuenta con parámetros para realizar la medición
	No se puede desarrollar la guía de forma completa, porque faltan parámetros que deben ser medidos, para hacer el análisis estadístico de los mismos.

**Cuadro 5. Ventajas y Desventajas de la Guía de laboratorio**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Existe una orientación de cómo realizar el montaje y cómo desarrollar la práctica.	La guía no especifica que debe realizarse un análisis y procesamiento de los datos obtenidos.

**Cuadro 6. Ventajas y Desventajas del Informe de Laboratorio**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
La investigación que se realiza acerca de la temática a desarrollar.	Los estudiantes sienten inconformismo al momento de desarrollar la práctica, porque la herramienta no es la adecuada.
Permite determinar la aplicabilidad de la temática en situaciones reales.	Los estudiantes no cumplen con los puntos requeridos en la guía.
Verifica la asistencia de los estudiantes a la práctica.	Los estudiantes no profundizan sobre el tema que debe ir en el Marco teórico.
Con el informe existe un soporte para el registro de la nota.	Los estudiantes no realizan el análisis y procesamiento de los datos.
	Los estudiantes no colocan referencias bibliográficas

### 2.3 CONSTRUCCIÓN DEL TUBO DE VENTURI SEMIAUTOMÁTICO

En la tabla 7 se observa de forma general la forma en que se construyó el Tubo de Venturi semiautomático:

**Cuadro 7. Desarrollo del tercer objetivo investigativo**

OBJETIVO	FUENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADO
Determinar los componentes Hardware y Software para construir, probar e implantar el sistema semiautomático	Laboratorista. Prácticas con tubo de Venturi. Libros e Internet	Observación. Revisión de documentos.	Matriz	Listado de componentes hardware y software

Para el cumplimiento del tercer objetivo se realizó pruebas con diferentes tipos de elementos electrónicos, mediante observación directa y revisión de documentos; se descartó algunos de ellos para determinar los más adecuados al funcionamiento del Tubo.

Para el desarrollo del software, se construyó una aplicación en plataforma. Net para realizar la adquisición de datos y aplicar las fórmulas físicas, con el fin de obtener datos más claros y precisos. Cabe resaltar que durante la construcción del software para el tubo, fue necesario dividir su funcionalidad en dos: la primera abarca la

toma y adquisición de datos a través del puerto serial y la segunda se encarga de manipular y administrar toda la información del sistema, tanto la adquirida a través de la interfaz electrónica, como la que complementa y apoya los requerimientos necesarios, por ejemplo: usuarios, profesores y prácticas de laboratorio.

Con el propósito de hacer del sistema un producto eficiente y seguro, se acudió a tecnología web por medio de silverlight que permite mayor rendimiento entre

cliente y servidor y a los servicios web que encapsulan toda la lógica de la aplicación; además, y con el único fin de proporcionar seguridad a la aplicación en su conjunto, la manipulación de la información en la base de datos se hizo utilizando la técnica de los procedimientos almacenados.

Teniendo en cuenta los anteriores procedimientos se logró obtener la siguiente tabla:

**Cuadro 8. Componentes de software y hardware**

Clase de componente	Fase de desarrollo	Fase de implantación
Hardware	Procesador 2 GHz RAM 1 G Disco duro 80 G Teclado Mouse Tarjeta de red Cable UTP Puerto serial Tarjeta de adquisición de datos Tarjeta de amplificación con filtro Tarjeta de amplificación Cable convertidor de serial a USB Tubo de Venturi en acrílico Generador de aire	Procesador 300MHz RAM 128 MB Disco Duro 10 M Teclado Mouse Tarjeta de red Cable UTP Puerto serial Tarjeta de adquisición de datos Tarjeta de amplificación con filtro Tarjeta de amplificación Cable convertidor de serial a USB Tubo de Venturi en acrílico Generador de aire
Software	Windows Vista Business Framework 3.5 Visual Studio 2008 Microsoft Expression Blend SQL Server 2005 Express Visio 2007 Mplab Hyper Terminal C- Maps Office 2007 Macromedia Flash 8	XP en adelante Framework 3.5 Cliente: Navegador web Silverlighth 1.0 en adelante Servidor: SQL Server 2005 express Internet Information Services 6.0 en adelante

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

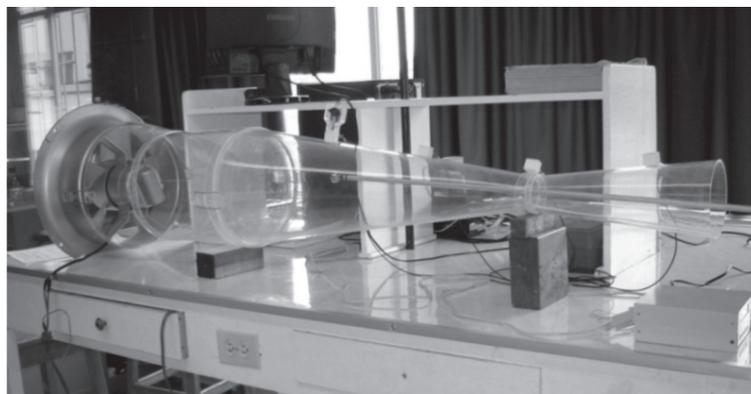
Ventur's es un sistema electrónico computarizado que sirve para el desarrollo de prácticas de Mecánica de Fluidos que utilizan Tubo de Venturi. Físicamente es una estructura en acrílico con forma estándar de Tubo de Venturi, que permite realizar mediciones de pre-

sión y velocidad de fluido con sensores sensiblemente acondicionados a tarjetas electrónicas que pueden conectarse a una tarjeta de adquisición y establecer comunicación directa con el computador a través del puerto serial.

El flujo estacionario es producido por un generador de viento instalado en el extremo más ancho del Tubo; además la estructura tiene 4 orificios, cada uno con su respectivo sensor de posición que se encarga de enviar una señal a la tarjeta de adquisición cada vez que se quiera medir la presión en el punto seleccionado.

Para la medición de la velocidad dentro del Tubo, el sistema cuenta con un sensor a manera de minigenerador eléctrico que va sostenido en una varilla metrizada que se desplaza sobre un sistema mecatrónico que genera un nivel de voltaje directamente proporcional al desplazamiento de la varilla. La figura 1 muestra en su conjunto el tubo construido:

**Figura 1. Tubo de Venturi en acrílico**



Fuente: Esta investigación

El software permite enlazar la base de datos del sistema, además del componente electrónico a través de una interfaz interactiva que facilita al usuario encontrar toda la información de manera ágil y oportuna y de igual manera le muestra la información de las prácticas que se puede desarrollar, con sus respectivos datos tomados desde el Tubo de Venturi. Esta información se conecta a través de un Servicio Web, que permite en una nueva oportunidad conectar toda la información con diversas aplicaciones que acepten el componente XML dentro de su programación.

Para la toma de datos se ha desarrollado un lenguaje de programación que permite conocer de manera clara y confiable los datos tomados desde el Tubo de Venturi. Maneja un nivel de seguridad avanzado, a través de autenticación de usuarios y debido a que fue desarrollado con Silverlight, no existe forma alguna de poder cambiar el código de la aplicación ni de ingresar de forma inadecuada a alguna de las páginas del sitio web.

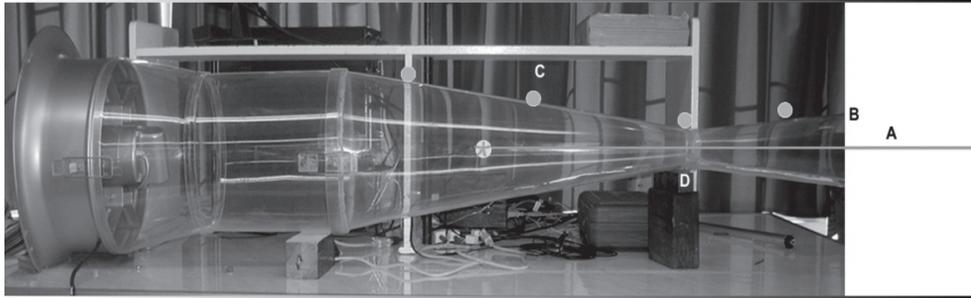
El sistema es auto-administrable, ya que puede ser parametrizado en cualquier momento, de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Se tomó datos en el interior del tubo de Venturi computarizado, con el fin de establecer el comportamiento de la velocidad de flujo de aire dentro del mismo. Se introdujo el sensor soportado en una varilla metrizada de 1.40 m de longitud (A) por la salida del tubo (B) hasta el primer punto de medición de presión (C).

Una vez instalado el sensor en el punto inicial, se encendió el generador de aire y se comenzó a registrar las lecturas de voltaje generadas por el sensor; cada lectura se hizo desplazando la varilla cada 5 cm hacia la salida del flujo de aire.

En la medida en que el sensor se desplazaba hacia la parte más estrecha del tubo (D), se observó que el voltaje se incrementaba, por lo cual la velocidad era mayor; y el voltaje disminuía cuando el sensor se desplazaba hacia una sección de mayor área.

**Figura 3. Tubo de Venturi**



Fuente: Esta investigación

- A: Varilla metrizada
- B: Salida del tubo
- C: Punto de medición
- D: Sección más estrecha del tubo

En el siguiente cuadro se muestra la toma de 5 lecturas de voltaje generados por el sensor de velocidad que se hacen evidentes en el multímetro digital; estos datos fueron tomados cada 5 cm de distancia graficados frente al promedio de las 5 lecturas.

**Cuadro 121. Lecturas de voltaje del sensor dentro del Tubo**

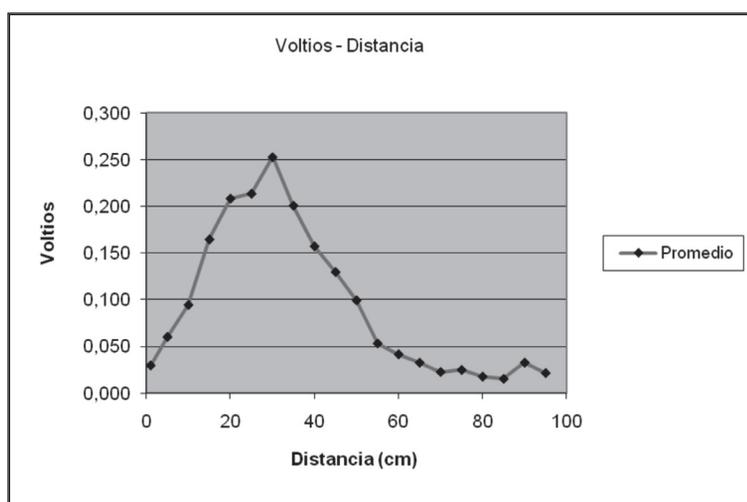
cm	Dato 1	Dato 2	Dato 3	Dato 4	Dato 5	Promedio (Voltios)
1	0,039	0,020	0,037	0,037	0,015	0,030
5	0,077	0,062	0,065	0,062	0,035	0,060
10	0,099	0,082	0,127	0,079	0,086	0,095
15	0,195	0,137	0,181	0,147	0,164	0,165
20	0,249	0,129	0,252	0,208	0,205	0,209
25	0,205	0,214	0,205	0,227	0,218	0,214
30	0,248	0,273	0,252	0,252	0,240	0,253
35	0,162	0,149	0,158	0,286	0,250	0,201
40	0,109	0,093	0,153	0,222	0,210	0,157
45	0,117	0,080	0,099	0,180	0,173	0,130
50	0,059	0,062	0,111	0,140	0,125	0,099
55	0,028	0,026	0,069	0,076	0,067	0,053
60	0,035	0,033	0,052	0,039	0,049	0,042
65	0,024	0,036	0,029	0,033	0,041	0,033
70	0,016	0,027	0,027	0,017	0,026	0,023
75	0,016	0,041	0,011	0,019	0,037	0,025
80	0,009	0,028	0,024	0,015	0,012	0,018
85	0,010	0,026	0,014	0,010	0,016	0,015
90	0,022	0,038	0,021	0,028	0,054	0,033
95	0,023	0,022	0,032	0,016	0,014	0,021

Fuente: Esta investigación

Al analizar los resultados anteriores se observó que el mayor voltaje registrado por el sensor (0.253 V) se obtuvo en la sección de menor área (D) y el compor-

tamiento de las lecturas restantes es inversamente proporcional al área, como se demuestra en la siguiente gráfica.

**Gráfica 1. Voltios del sensor - Distancia**



Fuente: Esta investigación

## 2.4 CONFIABILIDAD DEL TUBO SEMIAUTOMÁTICO

En la tabla 9 se observa de forma general la forma en que se midió la confiabilidad del Tubo de Venturi semiautomático:

**Cuadro 9. Desarrollo del cuarto objetivo investigativo**

OBJETIVO	FUENTE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	RESULTADO
Determinar la confiabilidad del sistema semiautomático por medio de la construcción y aplicación de una estrategia de validación.	Práctica simultánea con Tubo de Venturi.  Libros e Internet	Observación directa. Bitácora de observación. Revisión documental	Matriz. Estadística descriptiva.	Cuadro comparativo del nivel de confiabilidad del sistema.

Considerando que la estandarización de los modelos de Tubos de Venturi no existe, es difícil establecer resultados cuantitativos similares comparando uno con otro. Una forma práctica y sencilla recomendada por el laboratorista de Física de la Universidad de Nariño Freddy Santacruz para determinar si el flujo era estacionario, consistió en hacer que el tubo impulsara una bola esférica de icopor; si lograba sostenerla en el aire, el flujo era estacionario, resultado que se consiguió y se observa en la siguiente figura:



Figura 2.  
Flujo estacionario  
Fuente: Esta Investigación

Se realizó un proceso estadístico para determinar la linealidad de los sensores de presión y velocidad en los puntos predeterminados del tubo, estableciendo comparaciones y parámetros de calibración con dispositivos electrónicos digitales, obteniendo los siguientes resultados:

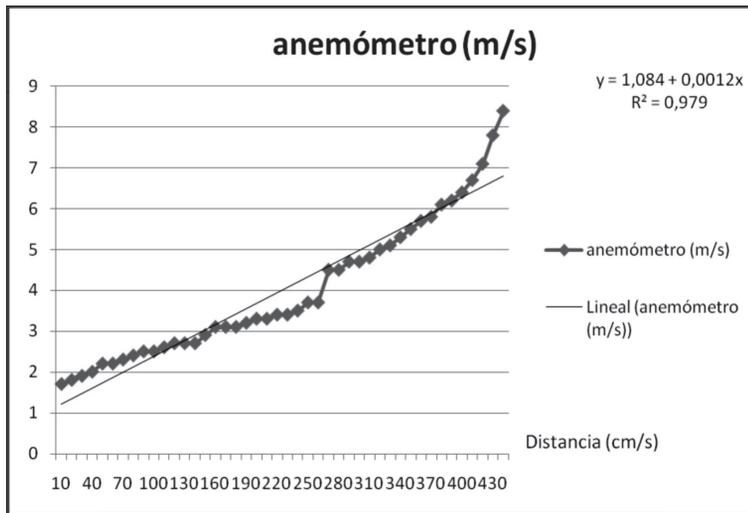
**Tabla 1. Valores de Distancia, milivoltios del sensor y velocidad del anemómetro**

anemómetro (m/s)	sensor(mV)	cm
1,7	117	10
1,8	273	20
1,9	221	30
2	429	40
2,2	520	50
2,2	442	60
2,3	377	70
2,4	572	80
2,5	624	90
2,5	559	100
2,6	702	110
2,7	754	120
2,7	780	130

2,7	728	140
2,9	845	150
3,1	1170	160
3,1	1144	170
3,1	884	180
3,2	988	190
3,3	1222	200
3,3	1092	210
3,4	1404	220
3,4	1183	230
3,5	1313	240
3,7	1547	250
3,7	1196	260
4,5	1612	270
4,5	1599	280
4,7	1651	290
4,7	1508	300
4,8	1781	310
5	1807	320
5,1	1859	330
5,3	1937	340
5,5	2054	350
5,7	2301	360
5,8	2418	370
6,1	2522	380
6,2	2678	390
6,4	2717	400
6,7	2782	410
7,1	2834	420
7,8	2860	430
8,4	2860	440

Fuente: Esta Investigación

Gráfica 2. Distancia – Velocidad anemómetro

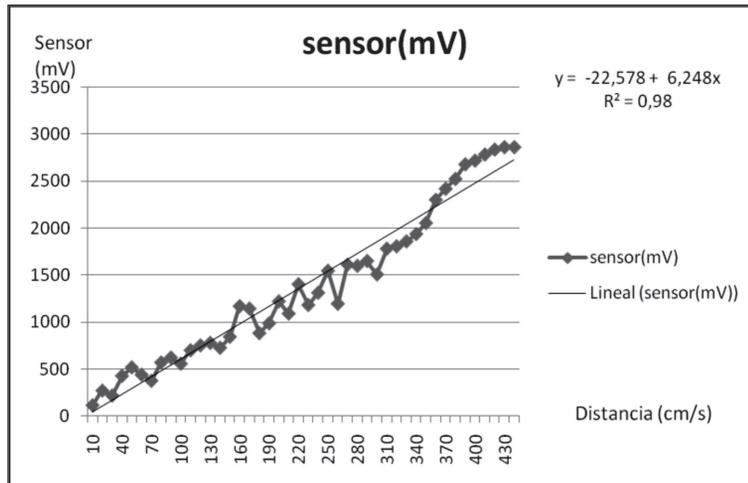


Fuente: Esta Investigación

Ecuación de linealidad →  $y = 1.084 + 0,0012x$

Coefficiente de correlación → 0.979

Gráfica 3. Distancia – milivoltios del sensor



Fuente: Esta Investigación

Ecuación de linealidad →  $y = - 22.578 + 6,248x$

Coefficiente de correlación → 0.98

Se comprobó experimentalmente que tanto el anemómetro como el sensor de velocidad tienen un compor-

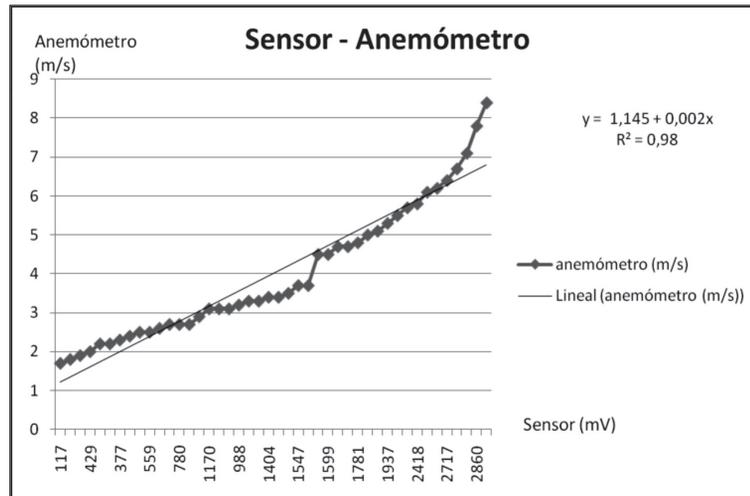
tamiento lineal (directamente proporcional) con respecto a la distancia medida en los dos dispositivos al mismo tiempo; por lo tanto se establece una relación directamente proporcional entre velocidad de flujo en m/s y voltaje generado por el sensor en mV.

La función que establece dicha relación es la siguiente:

$$Y = 1.145 + 0.002X$$

Coefficiente de correlación  $\rightarrow 0.98$

**Gráfica 4. Milivoltios – velocidad anemómetro**



**Fuente:** Esta Investigación

Ecuación de linealidad  $\rightarrow y = 1.145 + 0.002x$

Coefficiente de correlación  $\rightarrow 0.98$

resultados que demuestran que el sistema facilita la toma de datos y la realización de las prácticas.

### CONCLUSIONES

- Identificando los procesos que se realiza en el laboratorio de Física para la toma de datos en prácticas desarrolladas con Tubo de Venturi, se desarrolló un sistema capaz de mejorar el nivel de confiabilidad en los mismos.
- Ventur's comprueba de manera simple los principios de la mecánica de fluidos (ecuación de Bernoulli y ecuación de continuidad) porque permite el tratamiento de datos de manera gráfica y estadística, efectuando un adecuado proceso de análisis.
- Estableciendo una comparación entre el Tubo de Venturi que se encuentra en el laboratorio de Física de la Universidad Mariana y el sistema semiautomático Ventur's, se obtuvo resultados que demuestran que el sistema facilita la toma de datos y la realización de las prácticas.
- Los sensores de la familia MPX son los más apropiados para detectar presiones mínimas, aunque se debe trabajar al máximo la etapa de amplificación y purificación de señal para evitar la fluctuación que se genera en la salida.
- La calibración con anemómetro digital Kestrel 1000 Pocket Wind Meter permitió mejorar la confiabilidad del sensor de velocidad construido para este proyecto.
- Es mejor medir la velocidad en el tubo de Venturi con un sensor que se desplace internamente centímetro a centímetro en el mismo, para lograr una toma de datos más puntual.

- La medición de la presión en el tubo de Venturi debe ser en puntos definidos, porque si se trata de medirla en todo el trayecto del tubo, cambian las condiciones físicas de la estructura.
- En el desarrollo de la investigación se llevó un proceso ordenado de documentación, construcción de software y aplicación, lo que permitió apreciar que la Ingeniería de Sistemas se puede aplicar en otras áreas, como en este caso la Física, permitiendo demostrar que realmente se puede trabajar y desarrollar investigaciones para solucionar diversidad de problemas.
- Silverlight es una tecnología asíncrona (no requiere estar conectada todo el tiempo al servidor, ya que la información se obtiene una sola vez y es almacenada en la memoria del cliente, lo que permite volver a cargarse en el momento en que se actualice), que mejora el rendimiento de aplicaciones Web, permitiendo un mejor acceso de los usuarios y el uso de menos recursos del servidor.
- La utilización de procedimientos almacenados es importante para generar mayor seguridad dentro de la aplicación, debido a que son rutinas que permiten ejecutar procesos dentro de la base de datos, sin tener interacción directa con funciones SQL.
- La implementación de un servicio web permitió conectar las dos aplicaciones desarrolladas, sin necesidad de repetir código, además, de que al conectarse a él a través de clases, se cumple con el paradigma orientado a objetos de esta investigación.
- Después del desarrollo de varias pruebas con aplicaciones web, se pudo comprobar que es más eficiente desarrollar una aplicación Windows para este proceso, ya que la primera no permite obtener los datos en tiempo real y genera un mayor consumo de recursos por la interacción cliente – servidor.
- El ciclo de vida incremental aplicado dentro de esta investigación permitió comprobar cada incremento, tanto de software como de hardware, con el fin de solucionar los problemas presentes en el mismo, reduciendo tiempo.
- El generador de aire debe tener buena potencia para que el flujo sea estacionario y estimule adecuadamente a los sensores.
- Una buena documentación de riesgos permitió controlar el impacto de los mismos dentro de la investigación y así evitar contratiempos en las pruebas e implementación del sistema.
- A través de las matemáticas se puede comprobar ecuaciones y principios físicos necesarios para el desarrollo de una aplicación en un lenguaje de programación. Al culminar el proyecto, las pruebas de linealidad de señal sensorial, la calibración y las ecuaciones obtenidas para cada sensor fueron logradas gracias a regresiones lineales y graficación, donde se evidencia el comportamiento.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- PORTILLA T. y otros, "Sistema semiautomático computarizado para el análisis del movimiento parabólico, semi-parabólico y circular uniforme (SISMOBI)". Universidad Mariana, Pasto, 2005.
- CAICEDO, Yuranny. QUIJANO, Karen. "Sistema semiautomático para el estudio de ondas mecánicas producidas en el agua (KYUBET)". Universidad Mariana, Pasto, 2007.
- RODRIGUEZ, Mario y otros, "Sistema de control para contrarrestar las heladas en la planta del cultivo de papa en la finca "El Rosa" del corregimiento de Chiles Nariño". Universidad Mariana, Pasto, 2007
- Avallone, Eugene A. "Manual del Ingeniero Mecánico". Tomos 1 y 2. Novena Edición. Mc Graw Hill. México, 1996.
- Bolinaga, Juan. "Mecánica elemental de los fluidos". Fundación Polar. "Universidad Católica Andrés". Caracas, 1992.
- Enciclopedia Salbat, Ciencia y Tecnología. Tomos 12 y 14. Salbat Editores, S.A. Primera Edición. Barcelona, 1964.
- Mott, Robert. "Mecánica de los Fluidos". Cuarta edición. Prentice Hall. México, 1996
- SERWAY, RAYMOND A. FÍSICA. James Madison University. Mc Graw Hill. Octubre 1991
- Roger Pressman. Ingeniería de Software, Un enfoque práctico. Sexta edición. 1998
- STREETER, V Y OTROS. Mecánica de Fluidos. Novena edición. Mc Graw Hill. Enero 2001
- Revista Electrónica & Computadores. N° 76.
- Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, **Revista No. 26 - Junio de 2002**
- LARMAN, C. UML y Patrones: Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Segunda edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, 2003

## CIBERGRAFÍA

- <http://www.daedalus.es/AreaSIIngenieria-E.php>
- <http://www.masadelante.com/faq-base-de-datos.htm>
- <http://www.angelfire.com/scifi/jzavalar/apuntes/IngSoftware.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n\\_de\\_continuidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_de_continuidad)
- Ricardo Santiago Netto
- [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/estatica\\_fluidos/ap03\\_hidroestatica.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/estatica_fluidos/ap03_hidroestatica.php)
- Mecánica de fluidos, Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007 <http://es.encarta.msn.com> © 1997-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- [irehisa.univalle.edu.co](http://irehisa.univalle.edu.co)
- Teorema de Bernoulli," Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007 <http://es.encarta.msn.com> © 1997-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- LÓPEZ, Alfredo. 2007 <http://www.monografias.com/trabajos/tgralsis/tgralsis.shtml>
- Hernández Hernández, Domingo [dhh@ula.ve](mailto:dhh@ula.ve) [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/dhh/IntroTec\\_IngProgramacion.htm](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/dhh/IntroTec_IngProgramacion.htm)
- Aga S.A Chile <http://www.aga.com/International/SouthAmerica/WEB/sg/HiQGloss.nsf/terms?open&country=Chile&site=Resellers&initial=f>