

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA		
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA		
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACION: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	FAIBER ANDRES	
Apellido (s):	SIERRA IBARRA	
Código:	20102275035	
E-mail:	falaandisierra@gmail.com	
Teléfono fijo:	(57 +1) 7221847	
Celular:	(57) 3005273705	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	SERGIO ANDRES	
Apellido (s):	TORRES MUÑOZ	
Código:	20102275038	
E-mail:	seantomu@gmail.com	
Teléfono fijo:	(57 +1) 4531696	
Celular:	(57) 3217919824	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	DISEÑO DE UN PROBADOR COMPACTO PARA LA VERIFICACION DE MEDIDORES DE FLUJO	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	X
	Prestación y Servicios Tecnológicos	
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto científico	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en Ingeniería Mecánica	
Grupo de Investigación:	ORCA	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño, investigación documental	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:		
Dirección:		
Teléfonos:		
Correo electrónico:		
Página Web:		
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)	ING. M.Sc. MBA. ANDRÉS ESCOBAR DÍAZ.	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	ING. JOHN ALEJANDRO FORERO CASALLAS M.SC.	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto Nacional

La creciente globalización de la economía ha forzado a los países y a sus empresas a elaborar nuevas alternativas que permitan mejorar sus capacidades productivas y principalmente la mejora de los productos, mejora de las tecnologías en uso y mejoramiento continuo de sus sistemas productivos.

Para ello un factor muy importante es el aseguramiento de los procesos y de esta manera, el del producto o servicio que se preste. Esto mediante la implementación de sistemas de gestión de calidad que tendrán como principal objetivo, la demostración de dicha seguridad.

En muchos de los procesos de la industria actual el caudal es una de las variables que más se miden y se controlan, el agua, gas natural, vapor, petróleo, sustancias químicas aguas residuales y corrientes de proceso son algunos ejemplos de fluidos que se mide rutinariamente, por esta razón adquieren gran importancia los métodos que se utilizan para tal fin. Cada método de medición tiene una gran variedad de diseños y tecnologías en la manera de medición y cada uno de ellos presenta sus beneficios y ventajas particulares. (Endress+Hausser. Medición de Caudal, Guía Práctica: Tecnologías de Medición- Aplicación-Soluciones. Estados Unidos. 2005)

Contexto Local

En el mercado de Colombia se observan varios de estos medidores de flujo y diferentes empresas que importan y comercializan estos equipos, pero para el servicio de prueba y verificación de dichos equipos, no existe el desarrollo de un probador compacto obligando a la utilización de otro tipo de métodos para esta tarea. Una alternativa es la importación de un equipo probador construido por los fabricantes de los medidores de flujo, otra alternativa es el desarrollo, diseño e implementación de un equipo probador basándose en la documentación, normas y estándares que existen.

La empresa ATLAS ENGINEERING & AUTOMATION S.A.S, dedicada a la automatización e instrumentación industrial a nivel nacional, representa un ejemplo de posicionamiento debido a la calidad, por lo que requiere de elementos de verificación con los que, para el caso de calibración para medidores de caudal, no se cuenta dentro del país a pesar de que si existen muchas empresas como en el sector de agua, gas o hidrocarburos que dentro de su control de procesos utilicen medidores de flujo.

Problema del proyecto de grado

ROCA, grupo de investigación de la universidad Distrital, está interesada en el diseño y automatización de un probador compacto para la verificación de medidores de flujo y de esta manera contar con la estructura y el método para la realización de estas tareas a la vez de utilizar y aprovechar todos los beneficios de

un probador como por ejemplo la verificación por medio de la repetibilidad del medidor, la portabilidad al ser compacto, y así mismo marcar el inicio del desarrollo de este tipo de equipos en Colombia.

Con esto se requiere establecer una metodología en la que se defina el proceso a realizar para implementar un equipo, inicialmente prototipo, de Probador Compacto para Medidores de Flujo. Organizandoo la información existente con los equipos que se comercializan actualmente y en la normatividad vigente dentro de nuestro país y en normas internacionales, para obtener de manera detallada los requisitos físicos y legales, que permitan utilizar en forma correcta este tipo de aplicación.

Para ello es necesario el acople de un banco de flujo continuo, tomando como base el diseño y construcción de un banco didáctico de medición de flujo tipo placa de orificio para que los estudiantes desarrollen prácticas de medición de caudal, con el diseño de un probador compacto para la verificación de medidores de flujo.

2. ESTADO DEL ARTE

Hay algunas empresas a nivel mundial que fabrican sus propios bancos de medición para la calibración y configuración de sus instrumentos. Además el diseño de estos equipos es un tema novedoso el cual se desarrolla a nivel académico, un buen ejemplo de esto es el estudio mostrado en la conferencia de inteligencia computacional para los sistemas de medición y aplicaciones, en el trabajo llamado ¹“Practical Validation of a Flow Meter Design Environment”, en él se muestra el desarrollo de un banco medidor de flujo electromagnético para líquidos contaminados que viajan a través de canales abiertos con perfiles de velocidad variables, Este tipo de canal se encuentra en las plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de riego.

En España en el año 1997 se publica el artículo: ²“Design and fabrication of a low cost water flowmeter”, el cual se basa en el diseño de un medidor de flujo de bajo costo para agua caliente. También se manifiesta la importancia que tiene la geometría de los accesorios en el desempeño de un banco medidor de flujo de fluidos en el documento llamado: ³ “Dynamic Quality Evaluation of Elbow Flowmeter”.

¹ Watral, Z.; Michalski, A., "Practical validation of a flow meter design environment," *Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE* , vol.14, no.2, pp.42,47, April 2011.

² Castaner, L.; Jimenez, V.; Dominguez, M.; Masana, F.; Rodriguez, A., "Design and fabrication of a low cost water flow meter," *Solid State Sensors and Actuators, 1997. TRANSDUCERS '97 Chicago., 1997 International Conference on* , vol.1, no., pp.159,162 vol.1, 16-19 Jun 1997.

³ Feng Wang, "Dynamic quality evaluation of elbow flowmeter," *Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2012 IEEE International Conference on* , vol.1, no., pp.415,419, 25-27 May 2012

Además se realizó en el año 2006 el estudio llamado: ⁴“Model-Based Density Measurement With Coriolis Flowmeter”. En el cual se vincula un medidor de flujo tipo coriolis (CMF) los cuales ofrecen mejor rendimiento en la medición de flujo de masa.

En 2011 se publica en Beijing el artículo ⁵“Design and Simulation of an Ultrasonic Flow Meter for Thin Pipe”, en este se muestra el proceso de diseño de un medidor de flujo ultrasónico para tubos de diámetros menores a 10 mm, vale la pena recordar que en todos los procesos de diseño de probadores de flujos de fluidos interviene la simulación computarizada para fluidos CFD.

En Colombia, Ecuador y otros países Latinoamericanos se han desarrollado algunos proyectos relacionados con Bancos de medición de flujo.

En la Institución Universitaria Antonio José Camacho Facultad De Ingenierías Programa De Tecnología En Instrumentación Industrial Santiago De Cali 2010, Se construyó un sistema de medición (serafín) el cual servirá como elemento patrón para así hacer una correcta calibración del elemento medidor (placa de orificio). Se diseñó y construyó un medidor de flujo tipo placa de orificio el cual hará la tarea de ser el elemento medidor en el banco. Se realizó la medición de la variable a través de una etapa de acondicionamiento para digitalizar la variable, Visualizar la variable medida a través de una pantalla LCD para monitorear constantemente la medición de caudal. Así mismo se Implementó un sistema el cual permite variar o conmutar el diámetro de la tubería en el banco para darle versatilidad y sea útil para el aprendizaje. Finalmente se crearon guía didácticas para prácticas de Laboratorio.

También en Ecuador en la Universidad De Ambato, Facultad De Ingeniería De Sistemas en 2005, se hizo el modelado, diseño y construcción de un banco hidráulico para medición de caudal destinado a prácticas de laboratorio d estudiantes de la universidad de Ambato de Ecuador. A partir de esto se desarrollaron instructivos para prácticas, y ecuaciones que rigen el comportamiento del banco comparando los resultados obtenidos de manera real. El sistema cuenta con un medidor de flujo, tubería y dos tanques de almacenamiento. Mediante el estudio de diferentes áreas como fluidos, hidráulica, bombas, válvulas se hizo el diseño del banco hidráulico, se eligieron según análisis de esfuerzos los materiales adecuados para el banco, se realizó la construcción y toma de datos para determinar y comparar con el diseño realizado previamente.

⁴ Kolahi, K.; Schroder, T.; Rock, H., "Model-based density measurement with Coriolis flowmeter," *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on* , vol.55, no.4, pp.1258,1262, Aug. 2006

⁵ Yang Yu; Guanghua Zong, "Design and simulation of an ultrasonic flow meter for thin pipe," *Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.1115,1119, 7-10 Aug. 2011

En este proyecto se hace un banco didáctico a nivel educativo que pretende hacer pruebas de medición de caudal. En nuestro caso se quiere implementar un banco con elementos más industriales, más robusto y con la facilidad y diferencia de poder hacer pruebas con varios equipos o medidores de flujo, no con uno solamente. Además de esto, nuestro banco tendrá una interface HMI con la cual se podrá registrar automáticamente variables de proceso, control de manera remota, y se desarrollará la ingeniería para hacer pruebas de controles P, PI, PD y PID mediante variación de velocidad de la Bomba y la medición del caudal a través de la tubería. Nuestro banco solo tendrá un tanque con el cual se recirculará el fluido por la tubería. El concepto es similar pero los objetivos son diferentes, ya que nuestro enfoque es más hacia la industria, hacia desarrollar un banco que permita dar seguridad en la puesta en funcionamiento de sistemas de medición de flujo industriales.

También en Quito Ecuador en la Escuela Politécnica Nacional, Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica, se realizó un módulo para medir y hacer prácticas de control de nivel y caudal. Mediante un microcontrolador PIC, un PLC y Pantallas LCD. Este sistema incluye medición de nivel, el cual en nuestro proyecto no existe. Posee desarrollos de PCBs en donde acoplan los actuadores y acondicionan señales de los sensores, lo cual en nuestro proyecto no vamos a realizar por motivos de ser un proyecto robusto para aplicaciones industriales. Es similar ya que usa un PLC y HMI tipo industrial pero el concepto académico lo diferencia ya que se usará para fines de prácticas estudiantiles.

En la Corporación Universitaria Minuto De Dios, Facultad De Ingeniería Girardot, 2009, se diseñó y se fabricó un banco de pruebas de medición de flujo mediante tubo de Venturi. Recopilaron información acerca del tubo de Venturi, sus características, y la forma de aplicarlo a un sistema de medición de flujo. Se diseñó el sistema eléctrico y de automatización, acorde a los requerimientos del área de hidráulica de la universidad. Se fabricó el sistema mecánico de tuberías necesario para la implementación del proyecto. Se crearon los circuitos en PCB para la adquisición de señales de presión y acoplándolo a algunos elementos de maniobra como temporizadores, contactores etc. Se usó lógica cableada para el desarrollo de la parte eléctrica. Se usaron circuitos o tarjetas electrónicas convencionales para la automatización, se usa un solo sensor o tipo de medición en el proceso. Se usa para fines únicamente estudiantiles.

3. Justificación

En Colombia no se cuentan con buenas estructuras que lleven a cabo servicios de calibración para medidores de caudal a pesar de que si existen muchas empresas como en el sector de agua, gas o hidrocarburos que dentro de su control de procesos utilicen medidores de flujo. En el caso de que una compañía en Colombia requiera verificar y calibrar sus medidores de flujo es necesario enviar el instrumento al fabricante en el exterior para que éste realice dicha verificación. Todo el proceso de desmontaje, envío al exterior, luego el envío de vuelta y finalmente el montaje de nuevo puede generar altos costos. Los altos tiempos que implica la calibración de un sensor para la medición de flujo ha hecho que se genere la necesidad de pensar en una solución alternativa que permita disminuir el tiempo para obtener un diagnóstico previo del estado del sensor.

Dentro del grupo de investigación cuentan con un diseño de un probador bidireccional de flujo, el cual consta de un sistema hidráulico que por finalidad busca generar un movimiento de vaivén de un pistón dentro de un cilindro, el cual cuenta con los cálculos necesarios para que los sensores (que detectan los movimientos del pistón) funcionen correctamente. Con este también están adelantando la adecuación de un sistema de control que dirija evalúe los datos entregados por los equipos de control de flujo.

Este proyecto busca dar continuidad al acoplar dos diseños, el de un banco de prueba y el de un probador bidireccional de flujo, mediante una nivelación de necesidades hidráulicas de cada uno de los sistemas. Pretendiendo simular con un software confiable el comportamiento del sistema ya montado. También se busca completar esto con un montaje estructural que cumpla con las necesidades físicas y prácticas requeridas para su uso.

Con esto se espera dar un nuevo avance dentro del grupo de investigación ROCA, en la concepción de un diseño coherente con las necesidades educativa y por qué no industriales, al brindar una herramienta actualizada tecnológicamente con la cual se agilicen labores de verificación y calibración de equipos utilizados en la medición de flujos, interactuando directamente con problemas o situaciones que se presentan en los procesos reales de la industria.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Diseñar un probador compacto para medidores de flujo.

4.2 Objetivos específicos

- Realizar Pre diseño del probador bidireccional para medidores de flujo.
- Realizar simulación y análisis por elementos finitos del probador.
- Diseñar una estructura modular y portátil para el Probador.
- Cálculo y selección de la unidad hidráulica del probador.
- Proporcionar documentación de ingeniería.
- Estimar el costo de inversión del proyecto.

5. MARCO TEORICO

Los bancos de flujo son muy utilizados para realizar recirculación de flujo, (agua), con el fin de realizar la comparación con un instrumento el cual tiene el alcance de realizar dicha medición volumétrica y/o másica brindando así al usuarios datos, con el fin de conocer la eficiencia en el proceso o producto bajo medición, al cual este destinado el instrumento para realizar medición.

En la actualidad los medidores tipo Coriolis son muy utilizados en el campo petrolero para la transferencia de custodia de determinado producto se realiza con base en las mediciones de flujo. Medir con exactitud proporciona la seguridad de que el producto que se ofrece, reúne la calidad y cantidad requeridas.

Las diferentes condiciones en que operan estos equipos, los cambios de temperatura, el estrés mecánico, sumado a una operación constante y el envejecimiento natural, pueden Alterar la exactitud y por ende generar pérdida de confianza en las medidas. El no controlar estos riesgos puede ser desastroso para una empresa, porque se pueden originar las siguientes situaciones: ¹

- Gran variabilidad en sus productos
- Incremento del tiempo de producción
- Baja calidad de sus procesos
- Paradas de producción inesperadas debido a no poder proveer o predecir problemas de instrumentación.

Todo esto al final redunda en pérdidas económicas y de credibilidad ante sus clientes, para evitar esta pérdida de confianza se realizan calibraciones periódicas. Un equipo se debe verificar para corroborar su buen funcionamiento, responder a

los requisitos tanto legales como normativos y para garantizar la trazabilidad de las mediciones.

El objetivo de la verificación de la medición de los medidores de flujo es realizar una pruebas con el fin de corroborar que el estado de calibración del equipo se mantiene es por ello que con los bancos de flujo se realiza una recirculación garantizando así un flujo constante con el fin de realizar dichas pruebas a los equipos de medición de flujo.

Los medidores de flujo se emplean en operaciones tan diversas como: el control de procesos, balances de energía, distribución, emisión de contaminantes, metrología legal, indicación de condición y alarma, hasta lo que probablemente es la aplicación más importante, la transferencia de custodia de fluidos como el petróleo y sus derivados. La medición de flujo de fluidos es un proceso complejo debido a que otras magnitudes tienen una influencia determinante en el comportamiento de los medidores de flujo, por ejemplo: instalaciones inadecuadas, distorsiones en el régimen de flujo, vórtices y vibración. En aplicaciones industriales como el control de procesos donde la medición del flujo del fluido tiene un alto impacto sobre la calidad del producto final, en los balances energéticos de plantas para evaluar su eficiencia, en la cuantificación de la emisión de contaminantes y en actividades de metrología legal que demandan la garantía de mediciones de buena exactitud o en los sistemas de indicación o alarma, se encuentran siempre medidores de flujo de líquidos.⁶

De esta manera referenciamos los siguientes:

➤ Ultrasónicos:

Son alimentados eléctricamente y es posible encontrar dos tipos según su principio de medición: de efecto Doppler y de tiempo de tránsito; este último consiste en medir la diferencia entre el tiempo que le toma a dos señales atravesar una misma distancia, pero en sentido contrario, utilizando como medio un fluido. Si el caudal del fluido es nulo, los tiempos serán iguales, pero cuando hay flujo los tiempos serán diferentes, ya que las velocidades de las señales serán afectadas por la del fluido cuyo caudal se desea determinar; esta diferencia de tiempo más el conocimiento sobre la geometría de la tubería y la velocidad del sonido en el medio, permiten evaluar la velocidad del fluido o el caudal.

➤ Medidor de Efecto Coriolis

La medición de caudal por el efecto Coriolis, también conocido como medición directa o dinámica, da una señal directamente proporcional al caudal másico y casi independiente de las propiedades del producto como conductividad, presión, viscosidad o temperatura. La fuerza Coriolis aparece siempre y cuando se trata de una superposición de movimientos rectos con movimientos giratorios. Para el uso industrial de su principio se sustituye el Movimiento giratorio por una oscilación

⁶ A Creus (1998). Instrumentación industrial, (sexta edición). México df: Alfaomega grupo editor.

mecánica. Dos tubos de medición por donde pasa el producto, oscilan en su frecuencia de resonancia. El caudal másico provoca un cambio en la fase de la oscilación entre la entrada y la salida del equipo. Este desfase es proporcional al caudal másico y crea después de una amplificación correspondiente la señal de salida. Las frecuencias de resonancia de los tubos de medición dependen de la masa. El medidor de Coriolis se basa en el teorema del matemático francés (1795-1843), del mismo nombre, que observó que un objeto de masa m que se desplaza con una velocidad lineal V_a través de una superficie giratoria que gira con velocidad angular constante w , experimenta una velocidad tangencial (velocidad angular \times radio de giro) tanto mayor cuanto mayor es su alejamiento del centro.⁷

La función del probador es verificar el volumen medido por cada uno de los medidores que conforman un Sistema de Medición Dinámico, realizando una comparación sencilla entre el volumen registrado por el medidor y el volumen certificado del probador. Existen varios tipos de probadores según su principio de funcionamiento, como lo son:⁸

- Probadores convencionales de tubería o probadores de desplazamiento mecánico.
- Probadores volumétricos o tanques.
- Medidores Maestros

Todos los tipos de sistemas de probadores por desplazamiento operan en el principio de repetitividad de desplazamiento de un volumen conocido de líquido desde una sección calibrada de tubo entre dos detectores. El desplazamiento del volumen de líquido es logrado por una esfera de gran tamaño o un pistón viajando a través del tubo. Un volumen correspondiente de líquido es simultáneamente medido por un medidor instalado en serie con el probador.

Un medidor que está siendo probado en una base de flujo continuo debe ser conectado a un contador del probador al momento de la prueba. El contador es arrancado y detenido cuando el dispositivo desplazador actúa los dos detectores en los finales de la sección calibrada.

Los dos tipos de probadores por desplazamiento de flujo continuo son unidireccionales y bidireccionales. El probador unidireccional permite al desplazador viajar en solo una dirección a través de la sección de prueba y tiene un arreglo para retornar el desplazador a su posición inicial. El probador

⁷ Endress+Hausser. Medición de caudal, guía práctica: tecnologías de medición- aplicación-soluciones. Estados Unidos. 2005

⁸ manual de medición de hidrocarburos cap. 4. Ecopetrol

bidireccional permite al desplazador viajar primero en una dirección y luego en la otra reversando el flujo a través del probador por desplazamiento.

Ambos probadores, unidireccionales y bidireccionales, deben ser construidos para que el flujo completo de la corriente a través del medidor que está siendo probado pase a través del probador. Los probadores por desplazamiento pueden ser operados manual o automáticamente.

Las normas que se tendrán en cuenta para el desarrollo del proyecto son las que se enuncian a continuación, se encuentran normas API ya que son las más utilizadas dentro de la industria Colombiana que se dedica a la prestación de servicios a compañías petrolíferas.

- ISA 5.1 -1984 (R1992) Símbolos Instrumentación e Identificación
- ISA 5.3: Símbolos gráficos para el Control Distribuido.
- RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
- API MPMS 1: Vocabulario & Definición de Términos. Julio 1994
- API MPMS 5.1: Características generales para medición
- API MPMS 5.4: Equipos y Accesorios para medidores de Líquidos.
- API MPMS 5.5: Seguridad en Sistemas de Medición de Flujo.
- API MPMS 5.6: Medida de Líquidos Hidrocarburos por medio de Medidores Coriolis
- API MPMS 5.8: Medida de Líquidos Hidrocarburos por medio de sensores ultrasónicos con tecnología de Tiempo de Transito.
- API RP 551: Instrumentación en procesos de medición.
- API RP 550: Manual de instalación de instrumentos y sistemas de control en refinerías.

5 METODOLOGÍA

Para llevar a término el proyecto, se procederá inicialmente con una primera fase de documentación e indagación sobre el tema con el fin de conocer a fondo los parámetros que involucran el diseño de un probador bidireccional compacto, esta primera fase deberá tener el continuo seguimiento del tutor. Posteriormente con la información filtrada, organizada se realizara el pre-diseño del probador compacto para la verificación de medidores de flujo por medio de Inventor 2012, teniendo como base este pre-diseño se iniciara el proceso de cálculos y selección de Bomba centrífuga bajo los parámetros estándar de funcionamiento para este tipo de probadores. Después de esto comenzara el proceso de validación del diseño por medio de Ansys Workbench 14 (análisis CFX) y en consecuencia la aceptación por parte del tutor, con esta se generan planos de fabricación y se redactara el documento definitivo, a continuación se enuncian las etapas de la metodología a cumplir:

- 5.1. Definir parámetros de diseño y realización de una propuesta de sistema inicial: para lo cual se tendrá en cuenta la relación entre las necesidades dentro del grupo de investigación y los procesos similares que ya han sido establecidos a nivel mundial.
- 5.2. Verificación y establecimiento del sistema final. Por medio de un software se pretende realizar las simulaciones necesarias que nos permitan ajustar el diseño hidráulico, hasta que se cumpla con la necesidad del sistema.
- 5.3. Determinación de unidad hidráulica. Sabiendo las necesidades dentro de la red hidráulica, se determinará y calculará la solución más práctica para poder suplirlas.
- 5.4. Diseño de la estructura. Ya con el diseño de la red hidráulica se procederá a establecer la estructura que lo soportará, teniendo en cuenta las necesidades como el hecho de ser portátil.
- 5.5. Elaboración preliminar de planos. Teniendo como referencia lo obtenido con las simulaciones, se procederá a elaborar los planos de manufactura que deberán incluir la estructura.
- 5.6. Estudio de costos. Con los planos preliminares se procederá a hacer una cotización formal de las piezas requeridas, buscando un equilibrio entre la necesidad del diseño y economía.
- 5.7. Elaboración de planos finales. Ya con el conjunto de información aprobada, se procederá a elaborar el paquete de planos de manufactura y listas de accesorios, detallados, que permitan la construcción del sistema, cuando el grupo de investigación así lo disponga.
- 5.8. Redacción del trabajo (Redacción final): Una vez terminado esto procedemos a la redacción final. El objetivo es claro, comunicar con la mayor claridad y coherencia posible, los resultados, comprobaciones o reflexiones logrados a través del proceso de investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- A CREUS (1998). INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, (SEXTA EDICIÓN). MEXICO DF: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- OGATA (1998). INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA, (TERCERA EDICIÓN). MEXICO DF: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- J KENNETH (2001). BOMBAS, SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO. MEXICO
- PETER SYRNYK & DAVE SEILER. USE LIQUID ULTRASONIC METERS FOR CUSTODY TRANSFER. ESTADOS UNIDOS. 2007.
- ENDRESS+HAUSSER. MEDICIÓN DE CAUDAL, GUÍA PRÁCTICA: TECNOLOGÍAS DE MEDICIÓN- APLICACIÓN-SOLUCIONES. ESTADOS UNIDOS.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. MANUAL OF PETROLEUM MEASUREMENT, CAP 5, 6. API. ESTADOS UNIDOS. 2003

