



TRABAJO DE GRADO:

“VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS SECCIONAL BOGOTÁ”.

José Alejandro Bárcenas Moreno
Estudiante Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás
Facultad Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2015



TRABAJO DE GRADO:

“VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL BOGOTÁ”.

Presentado a:
COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO
Ingeniería Civil

Presentado por:
José Alejandro Bárcenas Moreno
Estudiante Ing. Civil

Revisión:
José Luis Díaz Arévalo
Ing. Civil

Par Académico:
Humberto Pérez
Ing. Civil

Universidad Santo Tomás
Facultad Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2015



NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., 2 de marzo de 2015



DEDICATORIA

Dedico trabajo de grado a Dios, que es la verdadera fuente de luz y de sabiduría. Agradezco a él su infinita muestra de cariño, amor y compasión.

A mi familia, quienes me han guiado por el buen camino con su ejemplo y sus consejos, sin abandonarme en ningún momento, con quienes quiero seguir compartiendo felices y buenos momentos.

Al Ingeniero José Luis Díaz Arévalo quien ha sido una fuente de constante de conocimiento y apoyo para la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y conocidos que siempre han creído en mí.



Tabla de contenido

1	TITULO DEL PROYECTO	8
2	INTRODUCCION	9
3	OBJETIVOS	10
3.1	OBJETIVO GENERAL	10
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
4	JUSTIFICACION	11
5	ANTECEDENTES	13
6	ESTRUCTURA Y ALCANCE DEL PROYECTO	14
7	RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
7.1	Guías de Laboratorio que actualmente se poseen en formato pdf.	15
7.2	Catálogos de productos TecQuipment en formato pdf	17
7.3	RECOPIACIÓN INVENTARIOS EXISTENTES	18
8	REALIZACIÓN INVENTARIO	23
8.1	REDACCIÓN Y FIRMA DEL ACTA DE INICIO DEL INVENTARIO FISICO.....	23
8.2	CONTABILIZACIÓN INICIAL DE LA CANTIDAD DE EQUIPOS	24
8.3	VERIFICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA.....	25
8.3.1	FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIDOR VENTURI	26
8.3.2	CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN	30
8.3.3	EMPUJE HIDROSTÁTICO SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA.....	35
8.3.4	DESCARGA SOBRE VERTEDEROS	38
8.3.5	FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS	45
8.3.6	IMPACTO DE UN CHORRO	49
8.3.7	MEDIDORES DE CAUDAL	54
8.3.8	PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS	62
8.3.9	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN UNA TUBERÍA	73
8.3.10	CANAL HIDRÁULICO.....	80
8.3.11	TURBINA PELTON.....	84
8.3.12	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LA VERIFICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS	86
8.4	FORMULARIO DEL INVENTARIO E INSTRUCTIVO DE DILIGENCIAMIENTO	90
8.5	PLANILLA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO, REPARACIONES Y OTRAS INTERVENCIONES	97
8.6	ELABORACIÓN BASE DE DATOS	99
8.6.1	EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	99
8.7	RECOPILAR, ORGANIZAR Y CLASIFICAR LA INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS	103
8.8	ESTADO FÍSICO Y FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO.....	142
8.8.1	TIPO DE DAÑO SUFRIDO POR LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	145
8.8.2	TIPO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO POR LOS EQUIPOS	149



8.8.3	ACCESORIOS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA ..	151
8.8.4	LIMPIEZA EN LOS EQUIPOS.....	154
8.9	RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	155
8.10	RECOMENDACIONES DE COMPRA	158
8.10.1	EQUIPO DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS, SIMULADOR DE LLUVIA Y SISTEMAS DE RIEGO (Edibon)	160
8.10.2	DEPÓSITO DE SEDIMENTACIÓN (Edibon)	161
8.10.3	H19 TURBINA PELTON (Tecquipment)	162
8.11	RECOMENDACIONES DE COMPRA DE ACCESORIOS.....	162
9	ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA	163
	Conclusiones.....	168
	Recomendaciones.....	165
	Bibliografía	171



Lista de gráficas

Gráfica 1. Inventario realizado en el 2008 Laboratorio de Hidráulica.....	20
Gráfica 2 . Planta Laboratorio de Hidráulica. Año de realización 2008	22
Gráfica 4. Presión registrada en función de la carga aplicada	33
Gráfica 5. Vertederos de icopor utilizados en el banco volumétrico Edibon.....	39
Gráfica 6. Daños en el equipo de medición de flujo Tecquipment.....	62
Gráfica 7. Expansión súbita del punto 7 al punto 8.....	67
Gráfica 8. Comparación altura piezométrica teórica y experimental	71
Gráfica 9. Confiabilidad equipos del laboratorio de hidráulica.....	89
Gráfica 10. Confiabilidad equipos que están operando del laboratorio de hidráulica	90
Gráfica 11. Formato utilizado para levantamiento inventario de hidráulica.	92
Gráfica 12. Stiker de identificación	93
Gráfica 13. Registro de mantenimiento.	97
Gráfica 14. Formato de la evaluación integral del equipo.....	100
Gráfica 15. Porcentaje de equipos operando y equipos no funcionales.....	143
Gráfica 16. Tipo de daño presentado por los equipos del laboratorio de hidráulica.	149
Gráfica 17. Tipo de mantenimiento recomendado para los equipos de hidráulica.....	151
Gráfica 18. Accesorios de los equipos del laboratorio de hidráulica.	153
Gráfica 19. Limpieza de los equipos del laboratorio de hidráulica.....	155
Gráfica 20. Equipo de sistemas hidrológicos marca Edibon.....	160
Gráfica 21. Depósito de sedimentación marca Edibon.	161
Gráfica 22. Rueda Pelton marca Tecquipment	162
Gráfica 23. Ejemplo optimización de esquemas escaneados	163
Gráfica 24. Ejemplo optimización de fotografías.....	164
Gráfica 25. Ejemplo optimización de esquemas elaborados en computador	165
Gráfica 26. Ejemplo optimización de esquemas escaneados	165
Gráfica 27. Ejemplo transcripción de información contenida en tablas	166
Gráfica 28. Adaptación de imágenes	166
Gráfica 29. Ejemplo optimización imágenes de internet	167
Gráfica 30. Ejemplo de esquemas elaborados según necesidad.....	167



Lista de tablas

Tabla 1. Prácticas de laboratorio encontradas en la recopilación bibliográfica	15
Tabla 2. Catálogos de productos TQ encontrados en la recopilación bibliográfica	17
Tabla 3. Directorio de equipos inventariados del laboratorio de hidráulica.....	24
Tabla 4. Lecturas piezométricas del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales.	27
Tabla 5. Coeficiente de descarga del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales	29
Tabla 6. Datos de carga y descarga aplicados al manómetro Bourdon	32
Tabla 7. Valores experimentales y teóricos de momentos sobre superficie parcial y totalmente sumergida.	37
Tabla 8. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero rectangular de pared gruesa.....	41
Tabla 9. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero triangular con ángulo de 29° de pared gruesa	43
Tabla 10. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero triangular con ángulo de 89° de pared gruesa	44
Tabla 11. Valores coeficiente de descarga y error promedio de los vertederos utilizados.....	44
Tabla 12. Valores teóricos y experimentales de la fuerza de un chorro utilizando placa plana y hemisférica en función del caudal	53
Tabla 13. Coeficiente de descarga del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales	56
Tabla 14. Coeficiente de descarga del medidor de orificio utilizando diferentes caudales	60
Tabla 15. Coeficiente de descarga del medidor de orificio utilizando diferentes caudales	61
Tabla 16. Altura piezométrica experimental y teórica en función del caudal	67
Tabla 17. Altura piezométrica experimental y teórica en función del caudal	70
Tabla 18. Valores de error promedio en cada una de las secciones del equipo	71
Tabla 19. Valor de gradiente hidráulico teórico y experimental para diferentes caudales con flujo laminar.	75
Tabla 20. Valores de factor de fricción en función Re usando la ecuación de Colebrook.....	78
Tabla 21. Valor de gradiente hidráulico teórico y experimental para diferentes caudales con flujo turbulento.	79
Tabla 22. Valor de velocidad teórica y experimental para diferentes pendientes	83
Tabla 23. Valor de eficiencia teórica y experimental para diferentes caudales	86
Tabla 24. Niveles de confiabilidad distribuidos en función del porcentaje de error relativo	87
Tabla 25. Porcentaje de error relativo y niveles de confiabilidad de los equipos del laboratorio de hidráulica	88
Tabla 26. Cantidad de equipos considerados confiables, medianamente confiables y nada confiables del laboratorio de hidráulica.	88
Tabla 27. Confiabilidad de equipos que están operando en el laboratorio de hidráulica.	89
Tabla 28. Estado de los equipos del laboratorio de hidráulica.	142
Tabla 29. Porcentaje de equipos que no funcionan y porcentaje de equipos operando	143
Tabla 30. Porcentaje de importancia en el análisis de cada equipo	144
Tabla 31. Tipos de daños y su puntaje	146
Tabla 32. Equipos y su respectivo nivel de daño utilizando la matriz automatizada	147
Tabla 33. Cantidad y porcentaje de equipos clasificados en cada tipo de daño	148
Tabla 34. Tipo de mantenimiento sugerido	150
Tabla 35. Lista de equipos y tipo de mantenimiento sugerido	150
Tabla 36. Cantidad y porcentaje de mantenimiento sugerido para los equipos de hidráulica	150



Tabla 37. Lista de equipos y la repuestas a la pregunta referente a los accesorios	152
Tabla 38. Cantidad y porcentaje de accesorios presentes y faltantes de los equipos del laboratorio de hidráulica	152
Tabla 39. Lista de equipos y respuesta a la pregunta acerca de la suciedad	154
Tabla 40. Cantidad y porcentaje de equipos clasificados según su limpieza	154
Tabla 41. Equipos que requieren mantenimiento preventivo.	156
Tabla 42. Equipos que requieren mantenimiento correctivo	156
Tabla 43. Lista equipos marca Tecquipment y los equipos adquiridos por la universidad	159
Tabla 44. Total de gráficos y esquemas intervenidos	168



1 TITULO DEL PROYECTO

“VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
SECCIONAL BOGOTÁ”.



2 INTRODUCCION

El laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás (USTA) con sede en Bogotá, al momento de realizar este trabajo presenta desactualización en la información en cuanto la cantidad y estado de equipos e instrumentos necesarios para la realización de las prácticas y ensayos de laboratorio, lo que repercute en la calidad de la formación que reciben los estudiantes, ya que no se les instruyen todas las prácticas de laboratorio por que los equipos e instrumentos se encuentran en mal estado, algunos de ellos no se encuentran calibrados, otros se encuentran averiados y muchos otros no están en operación. Las tareas de análisis de este trabajo comenzaron en 4 de abril del 2014 y finalizaron el día 5 de diciembre del mismo año.

Se realizó el inventario físico de los equipos con orden y precisión. Para hacer un uso eficiente de la información recolectada se creó una proforma en Microsoft Excel, esta es una herramienta muy útil, ya que está diseñada para mostrar la hoja de vida de cada instrumento y es capaz de generar un reporte completo acerca del estado general de los equipos del laboratorio. Adicionalmente esta herramienta sugiere cuáles de los equipos del laboratorio necesitan mantenimiento preventivo y cuales necesitan ser reparados, con tan solo el diligenciamiento de algunos formatos sistematizados con lo que cuenta la plataforma.

Después del levantamiento del inventario se realizó la verificación de la confiabilidad de los equipos del laboratorio, esto será de gran ayuda a los docentes y estudiantes, debido a que comprobó cuales de los equipos del laboratorio poseen precisión y baja Incertidumbre en la medición de los fenómenos estudiados.

Simultáneamente con la realización del inventario se realizó la actualización de las guías de laboratorio de hidráulica, dicha actualización contempló aspectos como el mejoramiento de gráficas, formatos y contenidos. En total se realizó la actualización a 19 guías o prácticas de laboratorio.



Por último, se recomienda la adquisición de varios equipos que podrían ser útiles en la enseñanza de fenómenos que actualmente no son tratados, ni estudiados experimentalmente.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Verificación del inventario general que evidencie cantidad y estado físico de equipos e instrumentos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás seccional Bogotá.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Observar la cantidad y el estado de los instrumentos, registrando la información recolectada con el fin de generar un plan de mejora y actualización de los equipos.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para realizar un inventario acorde a las necesidades.
- Recopilar, organizar y clasificar la información resultante del inventario físico.
- Verificar el estado actual de los equipos del laboratorio.
- Recomendación de mantenimiento, reparación y compra de los equipos.
- Verificación y rectificación de las guías de las prácticas de laboratorio de los equipos con lo que cuenta el laboratorio de hidráulica.



4 JUSTIFICACION

Este inventario permitirá que la universidad tenga un concepto más claro del estado real y actualizado del laboratorio de hidráulica, lo que contribuirá para que la universidad tenga una línea base sobre la cual trabajar, evidenciando así los avances en la adquisición y mantenimiento de equipos e instrumentos que sean realizados en el futuro. El inventario servirá para que la Universidad pueda asumir con criterio y responsabilidad la planeación e inversión de instrumentos y equipos.

Después de establecer las fallas y falencias encontradas en los equipos del laboratorio, se darán recomendaciones de mantenimiento, compra y/o reparación de estos elementos.

Se realizará un estudio estadístico para analizar variaciones presentes en los resultados de los equipos de medición que pudiesen presentar fallas o incertidumbres mayores a las documentadas en el marco teórico, y se clasificarán de acuerdo con el nivel de confiabilidad de las mediciones de cada equipo.

El desconocimiento de la calidad de las mediciones conlleva a una disminución de la investigación y descubrimiento propio, ya que no permite una correcta medición de los parámetros básicos de los fenómenos hidráulicos.

Este trabajo busca verificar e informar a la Facultad de Ingeniería Civil el estado físico y funcional de los equipos del laboratorio de hidráulica, para que se tomen medidas para el mejoramiento de dichos equipos, incrementando así el desempeño del servicio prestado a los estudiantes, puesto que podrán recibir



en su totalidad las prácticas de laboratorio planteadas en el pensum académico de cada una de las asignaturas de la línea de hidráulica (Mecánica De Fluidos, Tuberías y Canales, Acueductos y Alcantarillados).

Otra de las razones de la elaboración de este proyecto es la necesidad de elaborar un instrumento para promover el mejoramiento del laboratorio, que es un factor importante a la hora de acreditar la universidad frente al Consejo Nacional de Acreditación (CNA), quien es el ente encargado de realizar la evaluación de la calidad de instituciones de educación superior y de los programas académicos, el factor infraestructura es crucial en un buen concepto por parte de la CNA, entendido infraestructura como el conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad, en nuestro caso la infraestructura son los elementos que se consideren necesarios para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.



5 ANTECEDENTES

La Universidad Santo Tomás siempre ha estado interesada en tener espacios e infraestructura adecuada para el buen desempeño de las actividades educativas, una muestra de ello es la construcción del edificio Ángel Calatayud Guerra, O.P., en conmemoración de los cuarenta años de la restauración de la Universidad Santo Tomás (ROJAS N., p5, 2010).

En cuanto a la adquisición de nuevos equipos, las directivas de la institución están convencidas de que los elementos que se requieren para el desarrollo de las prácticas de laboratorio son las herramientas básicas para proporcionarle al estudiante los medios necesarios para alcanzar el éxito académico, además de prepararlos para las exigencias que el medio industrial requiere (ROJAS N., p6, 2010).

Se realizó una consulta bibliográfica en el banco de tesis y trabajos de grado pertenecientes a la Universidad, estos documentos están consignados en la biblioteca Fray Luis J. Torres, O.P, y no se encontró información puntual acerca de inventarios ejecutados en el pasado a los equipos del laboratorio de hidráulica.



6 ESTRUCTURA Y ALCANCE DEL PROYECTO

Después de la realización del inventario se procederá a la verificación de la confiabilidad de los equipos del laboratorio y se corrobora el estado actual de los mismos.

En la verificación de equipos se comparan con patrones o estándares de medición que puedan ser replicados, en este caso se verificarán con los resultados teóricos que deberían ser relativamente parecidos a los resultados experimentales.

Se recomendará un cronograma de mantenimiento preventivo con el fin de preservar el estado y la calidad de la calibración de los equipos del laboratorio.

Se deberá realizar un control fotográfico para ofrecer evidencia del estado de los instrumentos y equipos del laboratorio.

Se diseñará una base de datos para la fácil identificación y detección de problemas asociados con los equipos, esta base de datos será útil en la toma de decisiones de mantenimiento o reparación, debido a que esta permite la modificación, control y mantenimiento de la información de los datos recolectados de cada uno de los equipos.

Identificación de instrumentos y equipos en mal estado para su posterior reparación o sustitución, se realizará la propuesta de acciones correctivas en pro del mejoramiento del estado general del laboratorio. Y se recomendarán la compra de algunos equipos necesarios para mejorar las condiciones en que se encuentra el laboratorio de hidráulica.



7 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta recopilación bibliográfica se encuentra dividida en tres partes las cuales son: Guías de laboratorios que son utilizadas hace varios años, Catálogos de algunos de los instrumentos de Tecquipment y por último algunos documentos que ayudaron a darle forma al inventario realizado.

7.1 Guías de Laboratorio que actualmente se poseen en formato pdf.

Se realizó una búsqueda por medio de los docentes del área de hidráulica para que compartieran las guías y prácticas de laboratorio utilizadas para la realización de sus clases. Se encontraron guías de varios autores como lo son el ingeniero Humberto Pérez y el ingeniero José Luis Díaz Arévalo. En la tabla 1 se muestra el listado de las guías de laboratorio existentes, junto con el autor que las elaboró y el año de la versión encontrada.

Tabla 1. Prácticas de laboratorio encontradas en la recopilación bibliográfica

DOCUMENTO	AUTOR	AÑO ULTIMA VERSIÓN
BOMBAS EN SERIE Y EN PARALELO	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
EMPUJE HIDROSTÁTICO SOBRE SUPERFICIE PLANA	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
ESTABILIDAD DE UN CUERPO FLOTANTE	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
FLUJO A TRAVÉS DE UN TUBO VENTURI	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
GOLPE DE ARIETE	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
IMPACTO DE CHORRO	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
MEDIDORES DE CAUDAL	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
PÉRDIDAS EN ACCESORIOS	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011



PÉRDIDAS EN SISTEMA DE TUBERÍAS	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
PRACTICA 1 USO DEL BANCO HIDRÁULICO	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
PRACTICA VERTEDEROS	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
RESALTO	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
REYNOLDS	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
RUEDA PELTON	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2011
VÓRTICES	JOSÉ LUIS DÍAZ A.	2013
INTRODUCCIÓN GUÍAS 07 02 2011	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 2 DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 3 VISCOSIDAD	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 4 CALIBRACIÓN DE UN MANÓMETRO	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 5 PRINCIPIO DE FLOTACIÓN	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 6 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 7 PÉRDIDAS POR ACCESORIOS	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 8 MEDIDOR VENTURI	HUMBERTO PÉREZ R.	2010
PRACTICA 9 FLUJO A TRAVÉS DE UN ORIFICO	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 10 DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 11 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MANNING Y COEFICIENTE DE CHEZY	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 12 CANALETA PARSHALL	HUMBERTO PÉREZ R.	2011
PRACTICA 13 Y 14 MOTOBOMBAS SERIE Y PARALELO	HUMBERTO PÉREZ R.	2011

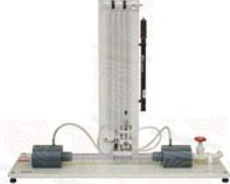
Fuente: Propia

Estos archivos se encuentran en formato pdf y fueron utilizados para la actualización y mejoramiento de las prácticas de laboratorio. Dichos archivos están contenidos en la carteta llamada “Antiguas guías de laboratorio” junto con los catálogos de algunos de los equipos del laboratorio que se encuentran consignados en la tabla 2.



7.2 Catálogos de productos Tecquipment en formato pdf

Tabla 2. Catálogos de productos TQ encontrados en la recopilación bibliográfica

H1D Volumetric Hydraulic Bench	H13 Vortex Apparatus	H215 Reynolds Number and Transitional Flow	H314 Hydrostatics and Properties of Fluids
			
H33 Jet Trajectory and Flow Thorough an Orifice	H40 Flow Meter Calibration	H32 Series and Parallel Pumo Test Set	H31 Hydraulic Ram Pump
			
H11 Centre of Pressure	H10 Flow Measurement	H19 Pelton Turbine	H12 Metre Flow Channel
			
H3a Calibration of a Pressure Gauge	H8 Impact of jet	H7 Friction Loss in a Pipe	H5 Venturi Meter
			
H4 Flow Through an Orifice			
			

Fuente: Imágenes de catálogos de venta: Tecquipment Ltd.



7.3 RECOPIACIÓN INVENTARIOS EXISTENTES

Se encontró un inventario realizado en el 2008, por los encargados de los laboratorios de la Universidad, llamado **“INVENTARIO DE LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS, CONCRETOS, RESISTENCIA E HIDRÁULICA”**. Se entregó por parte del coordinador de laboratorios una copia de un documento Excel en el cual se encontraron 21 equipos, los cuales contaban con un código de activación ante la universidad, modelo, estado del equipo y 1 (una) foto de identificación del equipo.

Por otra parte se encontró un plano realizado en el 2008 por el departamento de planta física de la Universidad, en el cual se observa la distribución espacial de algunos elementos y equipos del laboratorio de hidráulica.

A continuación se presenta muestra de dicha información.



Bogotá D.C., 4 de abril de 2014

Señor
Leonel Giraldo Peñaranda
Coordinador de Laboratorios de Ingeniería USTA – Sede Central

La presente es para solicitarles el acceso a los archivos correspondientes a inventarios, hojas de vida de equipos y cualquier información que ayude al levantamiento del inventario de equipos e instrumentos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás sede central, ya que esta documentación será de gran ayuda para la realización del trabajo de grado titulado "VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL BOGOTÁ"; este trabajo de grado tiene como objetivo observar la cantidad y el estado de los instrumentos, registrando la información recolectada en una base de datos, con el fin de generar un plan de mejora y actualización de los equipos.

Nos comprometemos a tratar la documentación con responsabilidad y confidencialidad, debido a que entendemos que esta información solo es concerniente al área de laboratorios.

Agradecemos la amabilidad y la diligencia de su parte.

Cordialmente,

Jose Alejandro Barcenas Moreno
Estudiante pregrado
Cel. 310 263 01 39
josebarcenas@usantotomas.edu.co

Jose Luis Díaz Arevalo
Asesor de Trabajo de grado
Docente hidráulica
jluisdiaz@usantotomas.edu.co

V.R.
Leonel



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INVENTARIO DE LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS, CONCRETOS, RESISTENCIA E HIDRÁULICA

IMAGEN EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	COMPONENTES	MARCA	SERIAL	STIKER		CÓDIGO DE ACTIVO	ESTADO	OBSERVACIONES
					SI	NO			
	Bomba Ariete	Manometro	TQ	121698/1	X		10012816	R	Realizar mantenimiento
	Turbina Pelton		TQ	Q1554/2	X		10012815	R	Realizar mantenimiento
	Equipo de vortice	Controlador de velocidad del motor	TQ	P3486/3	X		10012813	R	Realizar mantenimiento
	Banco hidraulico gravimetrico gris	Bomba	TQ	071166/9	X		10012793	R	Realizar mantenimiento
	Numero de reynolds	Tubo en vidrio vaso en vidrio recipiente conico plastico	TQ	Q8265/4	X		10012820	R	Realizar mantenimiento
	Tablero de perdidas por aditamentos a lo largo de una tubería		TQ	R1622/4	X		10012814	R	Realizar mantenimiento
	Canal hidraulico	Bomba Tanque metalico canal en acrilico Accesorios compuestas	TQ	Q4489/1	X		1000407	R	
	Equipo de perdidas por fricción en tubería		TQ	Q3525/7	X		100005368	R	Realizar mantenimiento
	Tablero hidraulico con bombas para medidas en serie y en paralelo	2 bombas Manometro	TQ	NO	X		10012817	R	Realizar mantenimiento
	Banco hidrostatico	Accesorios	TQ	No	X		10012824	R	incompleto, realizar mantenimiento
	Equipo de impacto de chorro	Pesa	TQ	Q5310/10	X		10005378	R	Realizar mantenimiento
	Equipo para determinación de flujo		TQ	Q4298/6	X		10005365	R	Realizar mantenimiento
	Equipo de trayectoria de un chorro y flujo		TQ	Q1237/3	X		10012818	R	Realizar mantenimiento
	Equipo de perdidas de energía en tubería	tablero piezometrico tubería	TQ	Q4081/4	X		10012819	R	Realizar mantenimiento
	equipo de centro de presión		TQ	Q7831/2	X		10001557	R	Realizar mantenimiento
	Venturimetro	tablero piezometrico Valvulas	TQ	Q3095/9	X		10005367	R	Realizar mantenimiento
	Equipo para medición de flujo	tablero piezometrico caudalimetro tubo Ventury	TQ	Q7702/3	X		10001257	R	Realizar mantenimiento
	Calibración de manometro		TQ	Q8514/1	X		1005346	R	incompleto, realizar mantenimiento
	Viscosimetro	Maletín juego de agujas	Brookfield	103899		X		R	Realizar mantenimiento

Gráfica 1. Inventario realizado en el 2008 Laboratorio de Hidráulica
Fuente: Coordinador Laboratorio Universidad Santo Tomás



Bogotá D.C., 4 de abril de 2014

Señor
Carlos Andrés Díaz Suarez
Planta física Universidad Santo Tomas

La presente es para solicitarle el acceso a los planos correspondientes al área que ocupa el laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomas sede central, ya que estos planos son de gran ayuda para la realización del trabajo de grado titulado "VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL BOGOTÁ"; Nos comprometemos a tratar la documentación con responsabilidad y confidencialidad.

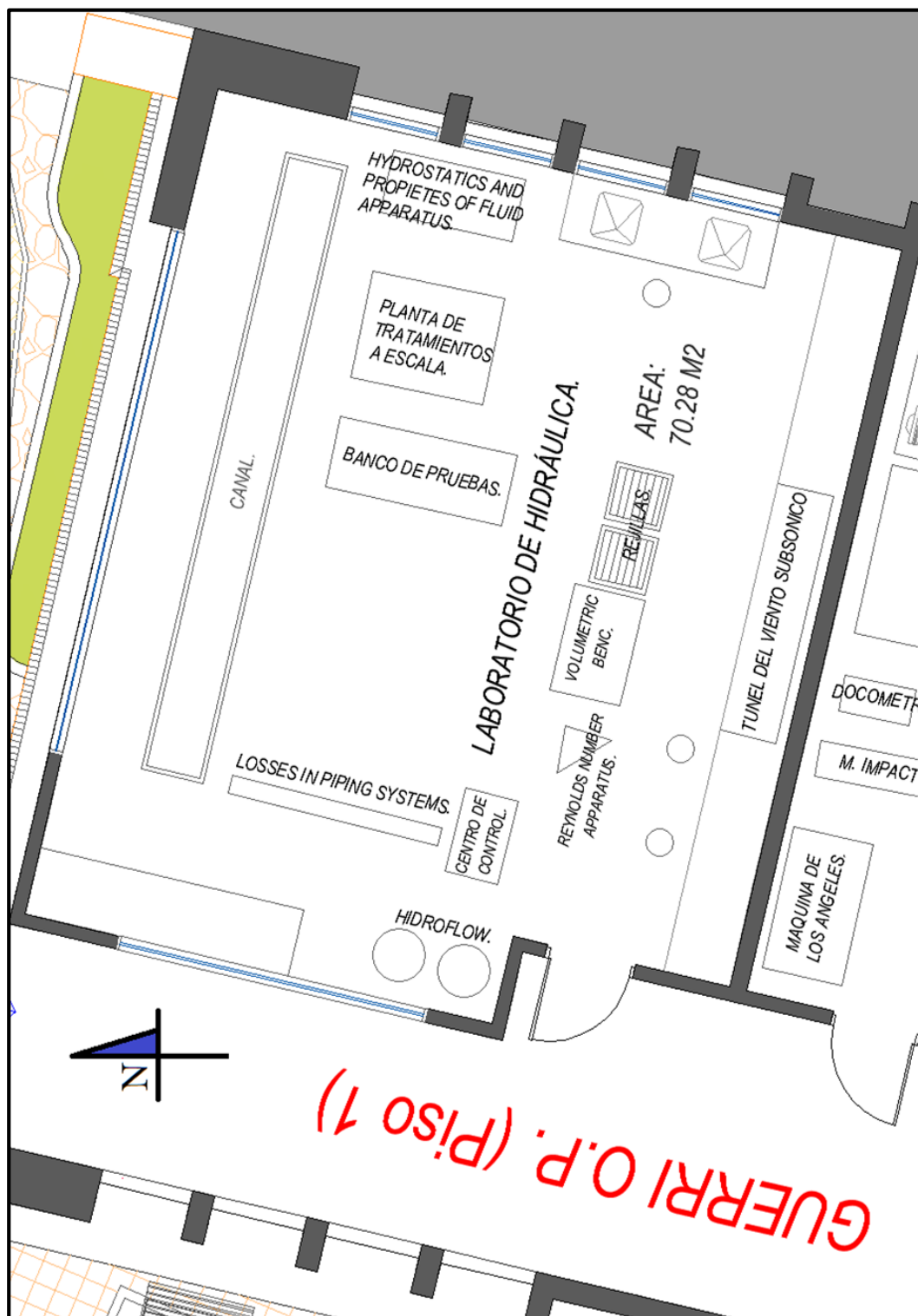
Agradecemos la amabilidad y la diligencia de su parte.

Cordialmente,

Jose Alejandro Barcenas Moreno
Estudiante pregrado
Cel. 310 263 01 39
josebarcenas@usantotomas.edu.co

Jose Luis Díaz Arevalo
Asesor de Trabajo de grado
Docente hidráulica
jluisdiaz@usantotomas.edu.co

Recibí: CARLOS A. DÍAZ
4-Abril-2014.



Gráfica 2 . Planta laboratorio de hidráulica. Año de realización 2008
Fuente: Planta física Universidad Santo Tomás



8 REALIZACIÓN INVENTARIO

8.1 ACTA DE INICIO DEL INVENTARIO FISICO

Acta de Inicio



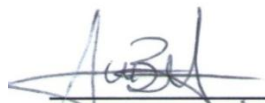
ACTA DE INICIO

Numero de Acta:	1	Año:	2014
CONTRATANTE:	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS		
ENCARGADO REALIZACION INVENTARIO:	JOSE ALEJANDRO BARCENAS MORENO		
OBJETO	"VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL BOGOTÁ".		
PLAZO (Días hábiles calendario)	60 DIAS		
FECHA DE INICIO (Día/mes/año)	24/04/2014		

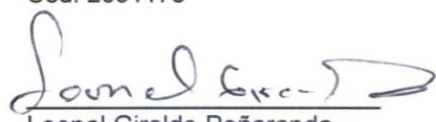
El 24 del 04 de 2014, se reunieron en la ciudad de Bogotá D.C., los suscritos, mayores de edad, a saber: **LEONEL GIRALDO PEÑARANDA**, en su condición de coordinador de Laboratorio de Ingeniería USTA seccional Bogotá D.C. en nombre y representación de la **UNIVERSIDAD SANTO TOMAS**, de una parte; y por la otra, **JOSE ALEJANDRO BARCENAS MORENO** identificado con Cédula de Ciudadanía No. 1'026.569.946, en su calidad de estudiante que en su obligación de ejecutar su opción de trabajo de grado denominada: "**VERIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL Y NECESIDADES DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL BOGOTÁ**", solicita acceso al laboratorio de hidráulica de la universidad, con el fin de dar ejecución a este proyecto.

Para constancia se firma por las partes, en la ciudad de Bogotá D.C., el 24 del 04 de 2014.

Firman a continuación,


Jose Alejandro Barcenas Moreno
Estudiante ingeniería Civil
Cód. 2091178


Jose Luis Díaz Arevalo
Docente USTA Bogotá D.C.
Asesor de Trabajo de grado


Leonel Giraldo Peñaranda
Coordinador de Laboratorio de Ingeniería USTA



8.2 CONTABILIZACIÓN INICIAL DE LA CANTIDAD DE EQUIPOS

En la tabla 3. se muestran los equipos encontrados en el inventario realizado en el laboratorio.

Tabla 3. Directorio de equipos inventariados del laboratorio de hidráulica.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS - SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ D.C.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
INVENTARIO Y ESTADO FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

CÓDIGO INVENTARIO	NOMBRE DEL EQUIPO	NAME OF EQUIPMENT	MARCA	MODELO	SERIAL	STIKER		CÓDIGO DE ACTIVO
						SI	NO	
1002001	Bomba de Ariete	Hydraulic Ram Pump	TecQuipment Ltd	H31	R1698/1	x		10012816
1002002	Turbina Pelton	Pelton Turbine	TecQuipment Ltd	H19	Q1554/2	x		10012815
1002003	Vórtice	Vortex Apparatus	TecQuipment Ltd	H13	P3486/3	x		10012813
1002004	Banco Hidráulico Volumétrico	Volumetric Hydraulic Bench	TecQuipment Ltd	H1D	071166/9	x		10012793
1002005	Numero de Reynolds	Reynolds Number and Transitional Flow	TecQuipment Ltd	H215	Q8265/4	x		10012820
1002006	Pérdidas en Sistema de Tuberías	Losses in Piping Systems	TecQuipment Ltd	H16	R1622/4	x		10012814
1002007	Canal Hidráulico	Metre Flow Channel	TecQuipment Ltd	H12	Q4489/1	x		10004071
1002008	Perdidas por Fricción	Friction Loss in a Pipe	TecQuipment Ltd	H7/7A	Q3525/7	x		10005368
1002009	Bombas en Serie y en Paralelo	Series and Parallel Pump Test Set	TecQuipment Ltd	H32	Q8752/3	x		10012817
1002010	Banco Hidrostático	Hydrostatics and Properties of Fluids	TecQuipment Ltd	H314	Q6827/5	x		10012821
1002011	Impacto de Chorro	Impact of a Jet	TecQuipment Ltd	H8	Q5310/10	x		10005378
1002012	Determinación de Flujo	Jet Trajectory and Flow Through an Orifice	TecQuipment Ltd	H4	Q4298/6	x		10003565
1002013	Trayectoria de un Chorro y Flujo	Flow Through an Orifice	TecQuipment Ltd	H33	Q1237/3	x		10012818
1002014	Perdidas de Energía en Tubería	Pipework Energy Losses	TecQuipment Ltd	H34	Q4081/4	x		10012819
1002016	Venturímetro	Venturi Meter	TecQuipment Ltd	H5	Q3095/9	x		10005367
1002017	Medición de Flujo	Flow measurement	TecQuipment Ltd.	H10	Q7702/3	x		10001257
1002018	Calibrador de Manómetro	Calibration of a Pressure Gauge	TecQuipment Ltd	H3a	Q58514/1	x		10005346
1002019	Centro de Presión	Centre of Pressure	TecQuipment Ltd	H11	Q7831/2	x		10001557
1002023	Viscosímetro	---	Brookfield	---	103899		x	---

Fuente: Propia



Se encontraron 19 equipos dentro del laboratorio de hidráulica en día 30 de abril de 2014. Con esto se comprobó que la cantidad de equipos del laboratorio de hidráulica consignados en el inventario realizado en el 2008 por parte de los encargados del laboratorio es correcto, y se observa que desde ese entonces los encargados recomendaron mantenimiento a la mayoría de los equipos.

También se observa que el laboratorio no fue dotado de ningún nuevo equipo desde el 2008 hasta el 2014, es decir que durante 6 años el laboratorio no adquirió ningún nuevo equipo para poner al servicio de los estudiantes. Al parecer no se le ha realizado mantenimiento recomendado en el 2008, debido a que no se encontró registros de tales mantenimientos.

Se evidencia la necesidad de la creación de hojas de vida de los equipos, en donde se registren el estado funcional y todas las intervenciones realizadas a los equipos para tener una visión clara acerca de la calidad de dichos equipos.

8.3 VERIFICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

En este capítulo se muestra la forma de cómo fue realizada la verificación de la confiabilidad de los equipos del laboratorio de hidráulica en un periodo de 60 días calendario, los cuales comenzaron el día 4 de abril de 2014. Los resultados de esta verificación de equipos es consignada en la hoja de vida de los equipos, esta hoja de vida fue creada con el fin de tener un registro confiable con la cual se pueda realizar una línea base con la que se puede crear la trazabilidad del equipo a través del tiempo. Adicionalmente los procedimientos descritos en esta verificación serán de ayuda en el futuro, en cuanto a que se explica cómo se realizaron las verificaciones y como se pueden interpretar los datos obtenidos.



En este documento se asume que si el equipo no funciona no puede ser confiable y se define la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos (MARROQUÍN, s.f., p5).

Se tomaron registros de cada uno de los equipos conforme a lo planteado en las prácticas de laboratorio, se evaluaron las ecuaciones propuestas en dichas prácticas y se procedió a calcular el error relativo entre el valor teórico y experimental de cada equipo.

Los fabricantes de equipos de medición garantizan que sus productos trabajan en un rango de error no mayor al 10% si están en las condiciones óptimas y si se encuentran debidamente calibrados. El rango de aceptación del error para el análisis de los equipos del laboratorio de hidráulica será del 20%, puesto que es comprensible que los equipos presentan un deterioro normal por uso y una disminución previsible en la calidad de sus mediciones, en consideración a estos factores se consideró que todos los valores de error en las mediciones de los equipos inferiores al 20% serán aceptadas y los equipos se clasificarán como equipos con registros de medición confiables. Si se encuentran equipos con un valor de error superior al 20% se denominarán como equipos poco o nada confiables y se recomendará el mantenimiento, reparación o cambio de dichos equipos.

8.3.1 FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIDOR VENTURI

El equipo fue nivelado y calibrado, cerciorándose que no existieran burbujas de aire dentro del equipo, que pudiesen alterar los resultados de práctica. Se realizaron varias mediciones piezométricas por cada caudal valorado, en total se utilizaron 14 tasas de flujo, estos registros se muestran en la tabla 4, junto con los



valores de área de cada sección del medidor Venturi y la distancia a un datum arbitrario de cada una de dichas secciones.

Tabla 4. Lecturas piezométricas del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales.

		Referencia		A (1)	B	C	D (2)	E	F	G	H	J	K	L	
		Distancia al DATUM	mm	-54	-35	-22	-8	7	22	37	52	67	82	102	
			Diámetro	m	0,026	0,0232	0,0184	0,016	0,0168	0,0185	0,0202	0,0218	0,0235	0,0252	0,026
			Área	m2	0,00053	0,00042	0,00027	0,00020	0,00022	0,00027	0,00032	0,00037	0,00043	0,00050	0,00053
Evento	T Prom (S)	V (L)	Q (L/s)	A (1)	B	C	D (2)	E	F	G	H	J	K	L	
1	28,45	5	0,176	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
2	26,72	5	0,187	0,09	0,09	0,08	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	
3	51,91	10	0,193	0,28	0,27	0,26	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	
4	23,09	5	0,217	0,14	0,14	0,12	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	
5	34,51	10	0,290	0,28	0,28	0,25	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,27	0,27	
6	33,63	10	0,297	0,27	0,27	0,24	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26	0,26	
7	31,61	10	0,316	0,29	0,29	0,26	0,20	0,21	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	
8	30,32	10	0,330	0,18	0,17	0,13	0,07	0,09	0,12	0,13	0,15	0,15	0,16	0,16	
9	29,02	10	0,345	0,29	0,29	0,24	0,17	0,20	0,23	0,24	0,26	0,27	0,27	0,27	
10	26,57	10	0,376	0,17	0,16	0,11	0,04	0,06	0,09	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	
11	22,58	10	0,443	0,27	0,26	0,19	0,08	0,12	0,17	0,20	0,22	0,23	0,24	0,24	
12	20,27	10	0,493	0,24	0,23	0,14	0,01	0,05	0,11	0,15	0,18	0,19	0,20	0,21	
13	18,06	10	0,554	0,30	0,29	0,18	0,02	0,07	0,15	0,19	0,22	0,24	0,26	0,26	
14	17,4	10	0,575	0,29	0,28	0,17	0,01	0,06	0,13	0,18	0,21	0,23	0,24	0,25	

Fuente: Propia

La tasa de flujo se estableció por medio del banco volumétrico y el cronómetro, se registraron múltiples registros del tiempo que tomaba en llenarse una cantidad preestablecida de fluido dentro del banco, dichos registros fueron promediados y son lo que se muestran en la segunda columna de la Tabla 4, los registros completos se encuentran en el documento Excel llamado “DATOS FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIDOR VENTURI”, en este documento solamente se consignan las tablas resumen de la práctica.

Se calculó el caudal teórico del medidor Venturi por medio de la formula número 3 consignada en el marco teórico de esta práctica (ANIL G. p8, 2013). La tasa de flujo Q se encuentra multiplicando la velocidad en la garganta u_2 por el área de la sección transversal A_2 en la garganta, obteniéndose:



$$Q_{Venturi} = A_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}} \quad (3)$$

Los cálculos fueron realizados con los siguientes datos obtenidos con la primera tasa de flujo registrada, el resto de resultados se encuentran consignados en la tabla 5:

-Diámetro de entrada	D_1	26 mm
-Diámetro garganta	D_2	16 mm
-Área de la sección 2	$A_2 = \pi D_2^2 / 4 = 201.1 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	
-Relación de área	$A_2/A_1 = (D_2/D_1)^2 = (16/26)^2 = 0.379$	
- $h_1=A(1)$	70 mm = 0.07 m	
- $h_2=D(2)$	39 mm = 0.039 m	

$$Q_{Venturi} = (2.011 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (0.07 \text{ m} - 0.039 \text{ m})}{1 - (0.379)^2}}$$

$$Q_{Venturi} = 1.69 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.169 \text{ l/s}$$

El coeficiente de descarga se establecido por medio de la siguiente relación:

$$C = \frac{Q_{Venturi}}{Q_{Real}} = \frac{0.169 \text{ l/s}}{0.176 \text{ l/s}} = 0.96$$

El valor de error entre la lectura del caudal aforado (real) y el caudal registrado por el medidor Venturi (teórico) se estableció de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$



$$\% \text{ error} = \frac{(0.176 \text{ l/s} - 0.169 \text{ l/s})}{0.176 \text{ l/s}} * 100 = 3.9\% \approx 4\%$$

Tabla 5. Coeficiente de descarga del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales

Evento	Volumen (L)	Tiempo Promedio (S)	Lectura del manómetro (mm)			Caudal Venturi (l/s)	Coeficiente de descarga C	Error
			Caudal Real (l/s)	A(1) (mm)	D(2) (mm)			
1	5	28,45	0,176	70	39	0,169	0,96	4%
2	5	26,72	0,187	90	56	0,177	0,95	5%
3	10	51,91	0,193	276	238	0,188	0,97	3%
4	5	23,09	0,217	142	96	0,206	0,95	5%
5	10	34,51	0,290	284	204	0,272	0,94	6%
6	10	33,63	0,297	274	188	0,282	0,95	5%
7	10	31,61	0,316	292	199	0,293	0,93	7%
8	10	30,32	0,330	176	73	0,309	0,94	6%
9	10	29,02	0,345	288	168	0,333	0,97	3%
10	10	26,57	0,376	170	35	0,354	0,94	6%
11	10	22,58	0,443	270	80	0,419	0,95	5%
12	10	20,27	0,493	238	12	0,457	0,93	7%
13	10	18,06	0,554	297	22	0,505	0,91	9%
14	10	17,4	0,575	287	6	0,510	0,89	11%
Promedio Coeficiente de descarga							0,94	6%

Fuente: Propia

Se evidencia que el valor promedio del coeficiente de descarga experimental es coherente con el valor presentado en el marco teórico, este varía de 0.92 a 0.99 y el valor encontrado al realizar la práctica es de 0.94. Adicionalmente se obtuvo un valor de error promedio del 6%, el cual es un valor relativamente bajo y aceptable para este tipo de medidor de flujo. El equipo presenta algunas pérdidas de presión en el manifold por el cual se suministra aire al equipo. Se recomienda cambio o reparación del manifold y compra de bomba de aire. Se concluye que el equipo aun con estos problemas es funcional y confiable.



8.3.2 CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN

Para la verificación de este equipo se tomó el peso del pistón y el área de su sección transversal. Se introdujo aceite al manómetro tipo Bourdon retirando el pistón, el aparato fue llenado hasta el nivel de desbordamiento, se observó que no quedo aire atrapado en el tubo, ni en el cilindro del medidor (MARKLAND, 1994).

Se añadieron pesos en incrementos convenientes de un kilogramo a la vez y en cada incremento se tomó la lectura de la presión obtenida. Se retiraron los pesos en tasas iguales de un kilogramo y se registró la presión obtenida. Se realizó esta práctica 4 veces, siguiendo los mismos rigurosos procedimientos, el promedio de estos resultados están consignado en la tabla 6, los registros completos se encuentran en el documento Excel llamado “DATOS CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN”.

En esta práctica se comparó el valor teórico de la presión con el valor experimental o real registrada por el manómetro Bourdon.

La presión teórica se calculó con la relación existente entre la fuerza aplicada sobre el pistón y el área del mismo,

$$P_{Teórica} = \frac{\text{Fuerza aplicada sobre el pistón}}{\text{Área del pistón}}$$

Recordando que,

$$\text{Fuerza} = \text{masa} * \text{aceleración}$$

Entonces,

$$P_{Teórica} = \frac{\text{masa} * \text{aceleración}}{\text{Área del pistón}}$$



Se realizaron los cálculos con los siguientes datos:

- Peso del pistón: 1 Kg-f (9.81 N)
- Área de la sección transversal: 315 mm² (0.315 x 10⁻⁴ m²)
- Escala total del equipo: 200 KN/m²

Para este ejemplo se utilizaron los valores del peso W1, tanto en carga como en descarga, debido a que este permite establecer el valor de la histéresis.

$$P_{Teórica} = \frac{(2 \text{ Kg} - f) * (9.81 \text{ m/s}^2)}{(0.315 \times 10^{-4} \text{ m}^2)} = 62285.71 \text{ N/m}^2 \approx 62.28 \text{ KN/m}^2$$

Adicionalmente se calculó el valor de histéresis, que es la diferencia de los valores de presión registrados por el equipo para el mismo valor de carga que pueden variar durante la carga y descarga de los pesos utilizados.

$$\text{Histéresis} = \frac{\text{Lectura inicial} - \text{Lectura final}}{\text{Valor escala total}} * 100$$

$$\text{Histéresis} = \frac{58,58 \text{ KN/m}^2 - 60,42 \text{ KN/m}^2}{200 \text{ KN/m}^2} * 100 = 0.92\%$$

Luego se procedió a calcular el valor de error realtivo en las lecturas del medidor Venturi de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(62.29 \text{ KN/m}^2) - (58,58 \text{ KN/m}^2)}{(58,58 \text{ KN/m}^2)} * 100 = 6.3\%$$

En la tabla 6 se consignaron los datos de carga, presión, valor de histéresis y valor del error de cada una de las mediciones realizadas. Adicionalmente se

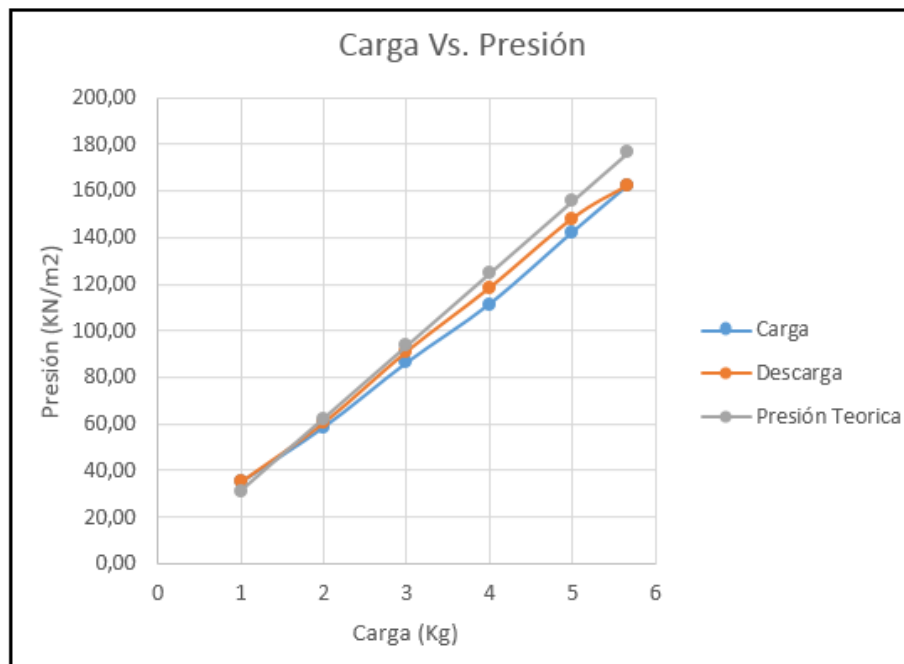


encuentra en la parte inferior de la tabla el promedio del valor del error y de histéresis.

Tabla 6. Datos de carga y descarga aplicados al manómetro Bourdon

Promedio registro de datos del medidor de presión							
Proceso	Elemento	carga (Kg)	carga acumulada (Kg)	KN/m2 (Real)	KN/m2 (Teórico)	Error	Histéresis
Carga	Pistón	1	1	35,00	31,14	11,0%	0,00%
	W1	1	2	58,58	62,29	6,3%	0,92%
	W2	1	3	86,25	93,43	8,3%	2,38%
	W3	1	4	111,38	124,57	11,9%	3,48%
	W4	1	5	142,21	155,71	9,5%	2,94%
	Disco	0,67	5,67	162,33	176,58	8,8%	0,00%
Descarga	W4	0,67	5	148,08	155,71	5,2%	Prom=
	W3	1	4	118,33	124,57	5,3%	1,62%
	W2	1	3	91,00	93,43	2,7%	
	W1	1	2	60,42	62,29	3,1%	
	Pistón	1	1	35,00	31,14	11,0%	
Error promedio						7,6%	

Fuente: Propia



Gráfica 3. Presión registrada en función de la carga aplicada
Fuente: Propia

También se calculó la pérdida aceite que se derrama durante la utilización del equipo, esto se logró por medio de la balanza electrónica. Se vertido aceite al equipo, se procedió a registrar el peso del equipo más el aceite, se procedió a aplicarle carga al pistón por algunos minutos, después de algunos minutos se volvió a registrar el peso del equipo y se encontró que existe una pérdida de 1.03 miligramos por minuto, a continuación se muestra la forma como se calculó esta pérdida.

$$W_{\text{inicial}} = \text{Peso Inicial (Pistón + Aceite + Manómetro)} = 4.56 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{final}} = \text{Peso final después de 5.2 minutos de uso del equipo} = 4.555 \text{ Kg}$$

$$\text{Densidad del aceite} = 926 \text{ g/l}$$

El peso de aceite derramado se encontró restando el peso inicial menos el peso registrado después de realizar la práctica.

$$W = W_{\text{inicial}} - W_{\text{final}}$$



Se encontró el flujo másico dividiendo el peso de aceite derramado por los 5.2 minutos que se tomó realizar la práctica.

$$\dot{m} = \frac{W}{\text{tiempo}} = \frac{0,005 \text{ Kg}}{5.2 \text{ min}} = 9.61 \times 10^{-4} \text{ Kg/min}$$

El caudal de aceite derramado por el equipo se calculó dividiendo el flujo másico por la densidad del aceite a 15° C, esta densidad fue tomada por medio del densímetro que se encuentra en el laboratorio.

$$\text{Caudal de aceite derramado} = \frac{\dot{m}}{\rho_{\text{Aceite}}} = \frac{9.61 \times 10^{-4} \text{ Kg/min}}{0,926 \text{ Kg/l}}$$

$$\text{Caudal de aceite derramado} = 1.03 \text{ miligramo/min}$$

Se evidencia que el manómetro tiene una fuga de aproximadamente 1 miligramo de aceite por minuto, este valor no es significativo para los cálculos realizados en esta práctica, pero si ocasiona fugas de aceite que dan lugar a una mala presentación del aparato. Por otra parte se demuestra que el aparato posee un error promedio de 7,6 % sobre su escala completa y un valor promedio de histéresis de 1,62 %, este valor es bajo considerando que este aparato ha tenido un uso continuo por los estudiantes y no existen registros probatorios de mantenimiento preventivo en años. Se observa que los valores de presión registrados en la carga y descarga son inferiores al valor de presión teórico, esto se debe a pérdida de elasticidad y cansancio del material del cual está construido el manómetro, debido a que se ha usado continuamente sin ningún mantenimiento. Se concluye que el equipo funcional y confiable, aunque se recomienda sellado de los puntos en lo que se localizan las fugas y la calibración del equipo.



8.3.3 EMPUJE HIDROSTÁTICO SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA

Para la verificación de este equipo se aplicó presión hidrostática a una superficie plana, se realizó la medición del momento resultante alrededor de un eje fijo sobre la superficie del agua. Posteriormente fueron comparados los valores de momentos teóricos y experimentales.

La tabla 7 muestra el valor del momento ejercido en la superficie plana, está parcialmente sumergida cuando $R_2 - R_0$ es menor de 100 mm, y está completamente sumergida cuando es mayor de 100 mm (MARKLAND, p6, 1994). El momento teórico $M_{Experimental}$ debido al peso W es:

$$M_{Experimental} = 0.203 W \text{ kgf mm}$$

Donde W está expresado en unidades de gramf en cualquiera de estas expresiones.

Por otro lado se calculó el momento teórico $M_{Teórico}$, por medio de las ecuaciones que son propuestas en el marco teórico de esta práctica, las cuales se muestran a continuación.

Cuando $R_o > R_1$:

$$M = (200 - 1.5R_0 + 1.25 \times 10^{-5}R_0^3) \cdot \cos\theta \quad \text{kgf m}$$

Donde R_0 es expresado en mm.

Cuando $R_o < R_1$

$$M = (175 - 1.125R_0) \cdot \cos\theta \quad \text{kgf m}$$

Donde R_0 es expresado de nuevo en mm.



Se resolvieron estas ecuaciones con los siguientes valores:

Radio hasta borde inferior	R_2	$200\text{ mm} = 0.200\text{ m}$
Radio hasta el borde superior	R_1	$100\text{ mm} = 0.100\text{ m}$
Profundidad	$R_2 - R_1$	$100\text{ mm} = 0.100\text{ m}$
Ancho del rectángulo	B	$75\text{ mm} = 0.075\text{ m}$
Radio a un colgador de peso	R_w	$203\text{ mm} = 0.203\text{ m}$

Para ejemplificar el uso de estas ecuaciones utilizamos los valores de 59.68 gramos que es un ejemplo de superficie parcialmente sumergida y el de 339,14 gramos el cual es un ejemplo de superficie totalmente sumergida.

Se calculó el momento experimental para la superficie parcialmente sumergida.

$$M_{Experimental} = 0.203\text{ W kgf mm}$$

$$M_{Experimental} = 0.203 (59.58) = 12.115 \approx 12.12\text{ kgf mm}$$

Posteriormente se calculó el momento teórico para la superficie parcialmente sumergida.

$$M = (200 - 1.5R_0 + 1.25 \times 10^{-5}R_0^3) \cdot \cos\theta \quad \text{kgf mm}$$

$$M = (200 - 1.5 \cdot (158) + 1.25 \times 10^{-5}(158)^3) \cdot \cos(0) = 12.30 \quad \text{kgf mm}$$

El valor de error entre el momento experimental y el momento teórico se estableció de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$



$$\% \text{ error} = \frac{(12.12 \text{ kgf mm}) - (12.30 \text{ kgf mm})}{(12.12 \text{ kgf mm})} * 100 = 1.48\% \approx 1.5\%$$

Por otro lado se calculó el momento experimental para la superficie totalmente sumergida.

$$M_{\text{Experimental}} = 0.203 \text{ W kgf mm}$$

$$M_{\text{Experimental}} = 0.203 (339,14) = 68.845 \approx 68.95 \text{ kgf mm}$$

Posteriormente se calculó el momento teórico para la superficie parcialmente sumergida.

$$M = (200 - 1.5R_0 + 1.25 \times 10^{-5}R_0^3)\cos\theta \quad \text{kgf mm}$$

$$M = (200 - 1.5 \cdot (94) + 1.25 \times 10^{-5}(94)^3) \cdot \cos(0) = 69.38 \text{ kgf mm}$$

Luego se procedió a calcular el valor de error realtivo en las lecturas de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(68.95 \text{ kgf mm}) - (69.38 \text{ kgf mm})}{(68.95 \text{ kgf mm})} * 100 = 0.6\%$$

Tabla 7. Valores experimentales y teóricos de momentos sobre superficie parcial y totalmente sumergida.



	W gramos	g acumulados	$R_2 - R_0$ (mm)	R_0 (mm)	r_0	M (kgf mm) Experimental	M (kgf mm) Teórico	Error
Parcialmente sumergido $R_o > R_1$	59,68	59,68	40	158	0,79	12,12	12,30	1,5%
	49,74	109,42	58	142	0,71	22,21	22,79	2,6%
	49,83	159,25	70	130	0,65	32,33	32,46	0,4%
	49,9	209,15	80	120	0,6	42,46	41,60	2,0%
	20,12	229,27	86	114	0,57	46,54	47,52	2,1%
	20,06	249,33	90	110	0,55	50,61	51,64	2,0%
	19,92	269,25	94	106	0,53	54,66	55,89	2,3%
	20,08	289,33	98	102	0,51	58,73	60,27	2,6%
Totalmente sumergido $R_o < R_1$	49,81	339,14	106	94	0,47	68,85	69,25	0,6%
	49,86	389	115	85	0,425	78,97	79,38	0,5%
	49,9	438,9	124	76	0,38	89,10	89,50	0,5%
	49,88	488,78	133	67	0,335	99,22	99,63	0,4%
	50,08	538,86	142	58	0,29	109,39	109,75	0,3%
	49,9	588,76	151	49	0,245	119,52	119,88	0,3%
	49,9	638,66	160	40	0,2	129,65	130,00	0,3%
	20,17	658,83	164	36	0,18	133,74	134,50	0,6%
Error Promedio								1,2%

Fuente: Propia

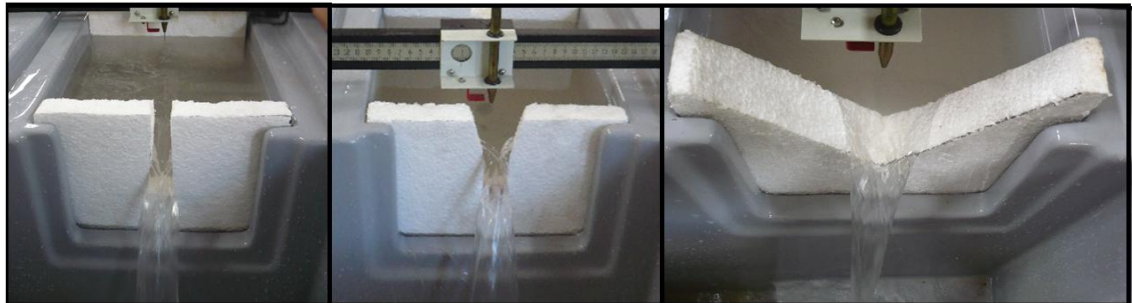
Se comprobó que el equipo experimental para medir el momento hidrostático funciona adecuadamente. Comparando los valores teóricos y experimentales de esta práctica se hallaron valores de error inferiores al 1,2 %, este valor es admisible y se evidencia que las formulas teóricas son precisas y útiles para predecir el momento en función de la profundidad. El equipo cuenta con la mayoría de los accesorios para su correcto funcionamiento, se han perdido algunos pesos pero aún el equipo es funcional y confiable, aunque se recomienda limpieza periódica para evitar que el tinte utilizado se adhiera al acrílico del que está elaborado el equipo.

8.3.4 DESCARGA SOBRE VERTEDEROS

Se realizó la práctica en el banco volumétrico Edibon, puesto que el banco volumétrico de TecQuipment no funciona, desde hace un tiempo los encargados de laboratorio lo tienen en desuso, el banco esta desactivado y está almacenado en un rincón del laboratorio de hidráulica. El banco volumétrico de Edibon no



cuenta con los vertederos en acrílicos para la realización de práctica, más sin embargo el equipo de laboratorio fabricó vertederos de pared gruesa, estos están elaborados en icopor, sus formas son irregulares, presentan muchos defectos en el corte y en sus formas, en la Gráfica 6 se muestran los verteros de pared gruesa de icopor usando el banco volumétrico Edibon, se aprecia las formas irregulares, no tan eficientes para el cálculo del caudal.



Gráfica 4. Vertederos de icopor utilizados en el banco volumétrico Edibon.

Fuente: Propia

Se realizó la práctica comparando los valores teóricos con los valores experimentales hallados utilizando los vertederos con forma rectangular, triangular aguda y vertedero triangular con ángulo de 89° .

La tasa de flujo sobre el vertedero depende únicamente del nivel del agua sobre la cresta del vertedero, se utilizó la ecuación 7 para el vertedero rectangular y la ecuación 8 para los vertederos triangulares con ángulos de 29° y 89° (MARBELLO R, s.f., p5), ambas fórmulas propuestas en el marco teórico de esta práctica.

Como esta práctica se realizó con vertederos de pared gruesa se revisó que fuese posible la utilización de las fórmulas de vertederos de pared delgada, se encontró con la siguiente formulación: Cuando e/H es menor que 0.67 el chorro se separa de la cresta y el funcionamiento es idéntico al del vertedero de pared delgada, si la relación e/H es mayor que 0.67 el vertederos funciona igual que un canal (UNICAUCA, p9).

Se evaluó esa relación con los siguientes datos:



$$e = 30 \text{ mm}$$

$$H = 61 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{H} = \frac{30 \text{ mm}}{61 \text{ mm}} = 0.49$$

Como la relación e/H es menor que 0.67 se utilizarán las ecuaciones que se aplican a los vertederos de pared delgada.

Vertedero rectangular de pared gruesa

Se dispuso en el banco volumétrico una cámara de aquietamiento con una sección de icopor, esto con el fin de minimizar la creación de olas que pudiesen entorpecer la lectura de la altura con el piezómetro de aguja, se insertó el vertedero rectangular de pared gruesa y se encendió la bomba del banco volumétrico, la cual aportaba el caudal real. Se tomó la altura con el piezómetro de aguja, con este dato se calculó el caudal teórico. El caudal experimental se tomó como el caudal aforado en el banco volumétrico.

Para el cálculo del caudal teórico se utilizó la siguiente expresión:

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} B H^{3/2} \quad (7)$$

Y se evaluó con los siguientes valores:

$$B = 0.024 \text{ m (Ancho del vertedero)}$$

$$H = 0.061 \text{ m (Altura medida con el piezómetro de aguja)}$$

$$Q_{\text{Teorico}} = \frac{2}{3} \sqrt{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)} \cdot (0.024 \text{ m}) \cdot (0.061 \text{ m})^{3/2} = 0.001067 \text{ m}^3/\text{s}$$



Para cálculo del caudal real se adquirieron los siguientes datos:

V= 10 Litros Volumen aforado

T= 15,97 s Tiempo promedio de múltiples mediciones.

$$Q_{Real} = \frac{Volumen}{Tiempo} = \frac{\left(10 \text{ litros} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{15.97 \text{ s}} = 0.00062617 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se determinó el coeficiente de descarga para este vertedero.

$$Cd = \frac{Q_{Real}}{Q_{Teorico}} = \frac{0.00062617 \text{ m}^3/\text{s}}{0.001067 \text{ m}^3/\text{s}} = 0.59$$

Luego se procedió a calcular el valor de error realtivo en las lecturas de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(Valor \text{ real} - Valor \text{ teórico})}{Valor \text{ real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{\left(0.00062617 \text{ m}^3/\text{s}\right) - \left(0.001067 \text{ m}^3/\text{s}\right)}{\left(0.00062617 \text{ m}^3/\text{s}\right)} * 100 = 70\%$$

Los datos de caudales reales y experimentales, coeficiente de descarga del vertedero rectangular se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero rectangular de pared gruesa



Vertedero Rectangular					
Volumen (L)	Tiempo promedio (s)	Q Real (m3/s)	Q Teorico (m3/s)	% error	Cd
10	15,98	0,00062587	0,0010677	70,60%	0,59
10	19,11	0,00052325	0,0009392	79,49%	0,56
10	24,73	0,00040433	0,0007453	84,33%	0,54
5	14,65	0,0003413	0,0006541	91,65%	0,52
5	17,70	0,00028243	0,000525	85,88%	0,54
5	34,74	0,00014391	0,0002971	106,45%	0,48
5	39,99	0,00012502	0,0001712	36,89%	0,73
Promedio				79,33%	0,57

Fuente: Propia

Vertedero triangular con ángulo de 29° de pared gruesa

Para el vertedero triangular con ángulo de 29°:

$$Q_{Teorico} = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \theta H^{5/2} \quad (8)$$

Se evaluó la ecuación con los siguientes valores:

- $\theta = 29^\circ$ (ángulo del vertedero)
- $H = 0.062$ m (Altura medida con el piezómetro de aguja)

$$Q_{Teorico} = \frac{8}{15} \sqrt{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)} \tan(29^\circ/2) \cdot (0.062)^{5/2} = 0.0005847 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para cálculo del caudal real se adquirieron los siguientes datos:

- $V = 10$ Litros Volumen aforado
- $T = 21,09$ s Tiempo promedio de múltiples mediciones.

$$Q_{Real} = \frac{Volumen}{Tiempo} = \frac{\left(10 \text{ litros} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{21,09 \text{ s}} = 0.00047415 \text{ m}^3/\text{s}$$



Se determinó el coeficiente de descarga para este vertedero.

$$Cd = \frac{Q_{Real}}{Q_{Teorico}} = \frac{0.00047415 \text{ m}^3/s}{0.0005847 \text{ m}^3/s} = 0.81$$

El valor de error entre el caudal experimental y el caudal teórico se estableció de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.00047415 \text{ m}^3/s) - (0.0005847 \text{ m}^3/s)}{(0.00047415 \text{ m}^3/s)} * 100 = 23.3\%$$

Los datos de caudales reales y experimentales, coeficiente de descarga del vertedero triangular con ángulo de 29° se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero triangular con ángulo de 29° de pared gruesa



Vertedero Triangular 29°					
Volumen (L)	Tiempo promedio (s)	Q Real (m3/s)	Q Teorico (m3/s)	% error	Cd
10	21,09	0,00047411	0,0005848	23,34%	0,81
10	33,89	0,0002951	0,0003589	21,61%	0,82
10	49,27	0,00020296	0,0002481	22,24%	0,82
5	35,81	0,00013962	0,0001835	31,43%	0,76
5	55,50	9,0094E-05	0,0001119	24,22%	0,81
Pomedio				24,57%	0,80

Fuente: Propia

De igual forma se calcularon los valores experimentales y teóricos de caudales utilizados en el vertedero triangular con ángulo de 89° de pared gruesa, estos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Valores experimentales y teóricos de caudales utilizando vertedero triangular con ángulo de 89° de pared gruesa

Vertedero triangular 89°					
Volumen (L)	Tiempo promedio (s)	Q Real	Q Teorico	% error	Cd
15	22,58	0,00066426	0,0007902	18,96%	0,84
15	37,35	0,0004016	0,000532	32,48%	0,75
10	29,92	0,00033427	0,0003619	8,26%	0,92
10	36,46	0,00027427	0,0002781	1,39%	0,99
10	50,10	0,0001996	0,0002294	14,93%	0,87
Pomedio				15,20%	0,88

Fuente: Propia

Tabla 11. Valores coeficiente de descarga y error promedio de los vertederos utilizados.

Vertedero	Cd	% error
Triangular de 89°	0,88	15,20%
Triangular de 29°	0,80	24,57%
Rectangular	0,57	79,33%

Fuente: Propia

Se evidencia que los valores de error en los vertederos utilizados son excesivamente altos, en gran parte por la forma de elaboración de los vertederos, ya que como se observa en la gráfica 6 los vertederos no poseen una superficie



regular, existen sobresaltos y en algunos casos se encuentran mal cortados., por lo cual los resultados de esta práctica son errados y el porcentaje de error es alto, ya que en la concepción de las formulas teóricas se usaron acrílicos con formas, materiales y estándares de mayor calidad.

Se recomienda la compra de los acrílicos originales con los que cuenta en equipo. Adicionalmente se recomienda la reparación del banco volumétrico de Tecquipment y la compra de todos los aditamentos necesarios.

Se recomienda que los empaques del fondo del banco sean cambiados puesto que se encuentran rotos, lo que genera fugas y lecturas erróneas de caudal. Se recomienda cambio de empaques, mangueras y compra de abrazaderas. Adicionalmente se recomienda tablero de protección para el sistema eléctrico, ya que se encuentra expuesto el sistema eléctrico del aparato.

8.3.5 FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS

El equipo H4 de trayectoria de chorro y el flujo a través de un orificio fue probado en el banco volumétrico Edibon. Se reguló el caudal de suministro obteniendo una descarga uniforme en el rebose, así se garantizó que el nivel del tanque se permaneciera constante (MARKLAND, p3, 1994).

Se registró la altura del agua dentro del tanque, la altura de cabeza en el interior del chorro, esto por medio de un tubo Pitot con el que cuenta el equipo. Se tomaron registros del caudal aforado en el banco volumétrico en repetidas ocasiones. Adicionalmente, se midió el diámetro del orificio y el diámetro de salida del chorro, esto con ayuda de un micrómetro con el que también cuenta el equipo.

Se calculó la velocidad ideal de la cabeza constante del tanque:



$$u_o = \sqrt{2gH_o} \quad (1)$$

$$u_o = \sqrt{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot 0.37 \text{ m}} = 2.694 \text{ m/s}$$

Debido a que se tiene pérdida de altura total, la velocidad real u_c en la sección contraída es menor que la ideal. Por medio del tubo de Pitot instalado en la corriente de la sección contraída registro un valor H_c de 368 mm. La velocidad real u_c está dada en términos de H_c por:

$$u_c = \sqrt{2gH_c} \quad (2)$$

$$u_c = \sqrt{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot 0.368 \text{ m}} = 2.687 \text{ m/s}$$

Luego se calculó el valor del coeficiente de velocidad C_u que es la relación entre la velocidad real u_c y la velocidad ideal u_o :

$$C_u = u_c/u_o = \sqrt{H_c/H_o} \quad (3)$$

$$C_u = \frac{2.687 \text{ m/s}}{2.694 \text{ m/s}} = 0.9973$$

De forma similar, el coeficiente de contracción C_c se calculó como la relación entre el área contraída A_c y el área del orificio A_o :

$$C_c = A_c/A_o \quad (4)$$

Área contraída A_c :

$$A_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$$



$$A_c = \frac{\pi \cdot (0.012 \text{ m})^2}{4} = 1.1309 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Área del orificio A_o :

$$A_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi \cdot (0.013 \text{ m})^2}{4} = 1.3273 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Coeficiente de contracción C_c

$$C_c = A_c / A_o \quad (4)$$

$$C_c = \frac{1.1309 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{1.3273 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0.8521$$

También se calculó el coeficiente de descarga C_d que es la combinación del coeficiente de velocidad y el coeficiente de contracción (GÜNEL, 2010, p5):

$$C_{d \text{ Teorico}} = C_u \cdot C_c \quad (8)$$

$$C_{d \text{ Teorico}} = 0.9973 \cdot 0.8521 = 0.8497$$

Asimismo se calculó el valor teórico del caudal que pasa a través del chorro con vena contraída:

$$Q_{\text{Teorico}} = u_c \cdot A_c \quad (5)$$

$$Q_{\text{Teorico}} = (2.687 \text{ m/s}) \cdot (1.1309 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 3.0387 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$



Ahora afectamos este caudal teórico por el coeficiente de descarga teórico así:

$$Q_{Teorico} = 0.8497 \cdot 3.0387 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 2.5819 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Por otro lado se tomó el caudal experimental como el caudal aforado en el banco volumétrico, se obtuvieron los siguientes datos:

- Volumen= 5 Litros
- Tiempo promedio= 20,22 Segundos

$$Q_{Experimental} = \frac{\left(5 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}\right)}{20.22 \text{ s}} = 2.4728 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{d \text{ Experimental}} = \frac{Q_{Experimental}}{Q_{Teorico}} = \frac{2.4728 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2.5819 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} = 0.96$$

El valor de error entre el caudal experimental y el caudal teórico se estableció de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(Q_{Experimental} - Q_{Teórico})}{Q_{Experimental}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(2.4728 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) - (2.5819 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})}{(2.4728 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})} * 100 = 4.4\%$$

De igual manera se calculó el valor del error entre el coeficiente de descarga experimental y el coeficiente de descarga teórico, tal valor se calculó de la siguiente manera.

$$\% \text{ error} = \frac{(C_{d \text{ Experimental}} - C_{d \text{ Teorico}})}{C_{d \text{ Experimental}}} * 100$$



$$\% \text{ error} = \frac{(0.96) - (0.85)}{(0.96)} * 100 = 11\%$$

Se obtuvo un valor de error de 11% en la lectura del coeficiente de descarga teórico y experimental, este valor alto debido a las malas lecturas obtenidas por el micrómetro del equipo. También se evidencia un valor de error bajo la lectura en el caudal.

Durante la realización de la práctica se observó que el micrómetro no se encontraba en las mejores condiciones, este no se traslada acorde a la cantidad de giros realizados, cuesta mucho trabajo darle giros al micrómetro. Adicionalmente se encontró que la manguera del tubo Pitot se encuentra suelta y se desacopla con facilidad.

Se recomienda cambio de empaques para garantizar el hermetismo del equipo. Por último se recomienda compra de mangueras de suministro y abrazaderas.

8.3.6 IMPACTO DE UN CHORRO

El equipo H8 de impacto de chorro fue probado en el banco volumétrico Edibon. El aparato fue nivelado con el peso llevado a la posición cero en la regla que posee el equipo. Se accionó la bomba del banco volumétrico permitiendo que el chorro producido golpeará el álabe, se dispuso a desplazar el peso una distancia y para volver a nivelar el aparato, se anotó el valor de esta distancia, después se procedió a registrar el tiempo requerido por el banco volumétrico en recolectar un volumen de control, con estos dos datos se halló el caudal, se repitió este procedimiento para diferentes caudales, estos datos se encuentran consignados en la tabla 9. Este procedimiento se realizó para la placa plana y



para la placa hemisférica.

El equipo tiene una marquilla en donde se encuentran datos útiles como:

- Diámetro de la boquilla	10 mm
- Altura del álabe sobre la punta de la boquilla	35 mm
- Distancia del pivote de la palanca al centro del álabe	150 mm
- Masa del peso de prueba	600 gramos

La primera distancia de desplazamiento fue de 0,2 m, se registraron los valores del volumen y tiempo, con estos valores se procedió a calcular el caudal:

$$Q = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo (s)}}$$

Volumen: 20 litros

Tiempo promedio: 22.64 segundos

$$Q = \frac{\left(20 \text{ litros} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{22.64 \text{ s}} = 8.833 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

La velocidad de salida del chorro es u_1 en la dirección x fue calculada dividiendo el caudal por área del orificio por donde circula el chorro:

$$u_1 = \frac{Q}{\text{Área del orificio}}$$

Según la marquilla del equipo el diámetro del orificio es de 10 mm, de acuerdo a esto tenemos:

$$\text{Área del orificio} = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (0.01\text{m})^2}{4} = 7,85398 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$



Y evaluando en la ecuación:

$$u_1 = \frac{8.833 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{7.85398 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 11.246 \text{ m/s}$$

La velocidad del chorro inmediatamente antes de que este impacte la superficie es menor que la velocidad de salida, debido al efecto de la gravedad. Se calculó de la siguiente manera por medio de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{U_1^2}{2 \cdot g} = \frac{U_2^2}{2 \cdot g} + h$$

Despejando la velocidad U_2 , tenemos:

$$U_2 = \sqrt{U_1^2 - 2 \cdot g \cdot h}$$

- La distancia de la salida del chorro al álabe: $h = 35 \text{ mm} = 0.035 \text{ m}$
- Aceleración de la gravedad: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$U_2 = \sqrt{(11.246 \text{ m/s})^2 - 2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (0.035 \text{ m})} = 11.215 \text{ m/s}$$

La fuerza F sobre el álabe es igual:

$$F_{\text{Teórica}} = \dot{m} (u_1 - u_2 \cos \beta_2)$$

Para el caso de la placa plana $\beta_2 = 90^\circ$ así que $\cos \theta \cdot \beta_2 = 0$, como en este primer registro se utilizó la placa plana tenemos (REYNOSO, p150, 2010),

$$F_{\text{Teórica}} = \dot{m} u_1$$

El flujo másico es la multiplicación del caudal por la densidad del fluido:

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

La densidad del agua de 15° C es de $998,1 \text{ kg/m}^3$.



$$\dot{m} = (998,1 \text{ kg/m}^3) \cdot (8.8332 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) = 0.8816 \text{ kg/s}$$

Reemplazando los valores en la fórmula de la fuerza teórica tenemos:

$$F_{\text{Teórica}} = \dot{m} u_1$$

$$F_{\text{Teórica}} = (0.8816 \text{ kg/s}) \cdot (11.246 \text{ m/s}) = 9.90 \text{ N}$$

Por otro lado se calculó el valor de la fuerza experimental, esta se estableció en función de la distancia a la que la masa se encontraba del punto cero de la regla del equipo.

La masa con la que cuenta el equipo pesa 600 gramos, cuando la fuerza del chorro impacta el álabe es necesario desplazar una distancia desde el cero de la regleta para que el instrumento quede nuevamente en equilibrio, se observa que la fuerza del chorro depende solamente de la distancia a la que se encuentra la masa, haciendo sumatoria de momentos alrededor del pivote tenemos:

$$F_{\text{Experimental}} \cdot 0.15 \text{ m} = (0.6 \text{ kg}) \cdot y \cdot g$$

Despejando la fuerza:

$$F_{\text{Experimental}} = \frac{(0.6 \text{ kg}) \cdot y \cdot g}{0.15 \text{ m}}$$

Se utilizó la placa plana y se obtuvo un caudal de $8.833 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ se requirió una distancia de desplazamiento fue de 0.2 m para equilibrar nuevamente el aparato:

$$F_{\text{Experimental}} = \frac{(0.6 \text{ kg}) \cdot (0.2 \text{ m}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)}{0.15 \text{ m}}$$

$$F_{\text{Experimental}} = 7.848 \text{ N}$$

Por último se calculó el error en las lecturas de fuerza teórica y experimental:



$$\% \text{ error} = \frac{(C_{d \text{ Experimental}} - C_{d \text{ Teórico}})}{C_{d \text{ Experimental}}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(7.848 \text{ N}) - (9.90 \text{ N})}{(7.848 \text{ N})} * 100 = 26\%$$

Se obtuvo un valor de error de 26% en la lectura de la fuerza del chorro teórica y experimental para este primer registro de datos, se procesó el resto de registros de igual manera, obteniéndose los valores que se muestran en la tabla 12, en donde se aprecia un porcentaje de error promedio del 6% para la placa plana y del 9% para la placa curva o hemisférica.

Tabla 12. Valores teóricos y experimentales de la fuerza de un chorro utilizando placa plana y hemisférica en función del caudal

Placa Plana					Placa Curva				
Distancia	Caudal Suministrado	Fuerza Teórica Placa Plana	Fuerza Experimental Placa Plana	Error	Distancia	Caudal Suministrado	Fuerza Teórica Placa Curva	Fuerza Experimental Placa Curva	Error
m	Q (L/s)	N	N		m	Q (L/s)	N	N	
0,02	0,30	0,93	0,78	4%	0,01	0,17	0,51	0,39	29%
0,04	0,40	1,64	1,57	7%	0,02	0,20	0,76	0,78	3%
0,06	0,49	2,44	2,35	6%	0,03	0,25	1,22	1,18	4%
0,08	0,56	3,29	3,14	5%	0,04	0,28	1,57	1,57	0%
0,10	0,63	4,08	3,92	3%	0,05	0,31	1,98	1,96	1%
0,12	0,68	4,86	4,71	4%	0,06	0,36	2,58	2,35	10%
0,14	0,74	5,78	5,49	4%	0,07	0,38	2,92	2,75	6%
0,16	0,80	6,65	6,28	4%	0,08	0,41	3,39	3,14	8%
0,18	0,85	7,59	7,06	5%	0,09	0,43	3,87	3,53	10%
0,20	0,88	8,16	7,85	15%	0,10	0,46	4,33	3,92	10%
Error Promedio				6%	0,11	0,49	4,91	4,32	14%
					0,12	0,50	5,16	4,71	10%
					0,13	0,52	5,56	5,10	9%
					0,14	0,54	6,00	5,49	9%
					0,15	0,55	6,31	5,89	7%
					0,16	0,58	6,98	6,28	11%
					0,17	0,60	7,42	6,67	11%
					0,18	0,62	7,90	7,06	12%
					0,20	0,64	8,48	7,85	8%
					Error Promedio				9%

Fuente: Propia

Se recomienda compra de mangueras de suministro y abrazaderas, ya que



estas están viejas y en mal estado. Por último se recomienda cambio de empaques del equipo para garantizar el hermetismo del mismo.

8.3.7 MEDIDORES DE CAUDAL

El aparato de medida del caudal fue probado en el banco volumétrico Edibon, este aparato mide la descarga de un fluido incompresible utilizando un medidor de Venturi, un medidor de orificio y un rotámetro; los resultados de estos medidores de caudal son comparados con el caudal real que fue tomado como el caudal aforado en el banco volumétrico en un lapso de tiempo.

Para cálculo del caudal real se adquirieron los siguientes datos:

- V= 10 Litros Volumen aforado
- T= 29.819 s Tiempo promedio de múltiples mediciones.

$$Q_{Real} = \frac{Volumen}{Tiempo} = \frac{\left(10 \text{ litros} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{29.819 \text{ s}} = 0.3353 \text{ l/s} = 0.0003353 \text{ m}^3/\text{s}$$

Medidor de Venturi

Se calculó el caudal teórico del medidor Venturi aplicando la ecuación de Bernoulli a los puntos A y B del sistema:

$$\frac{V_A^2}{2 \cdot g} + h_A = \frac{V_B^2}{2 \cdot g} + h_B$$

$$h_A - h_B = \frac{V_B^2}{2 \cdot g} - \frac{V_A^2}{2 \cdot g}$$

Por continuidad se tiene;



$$Q = A_A \cdot V_A = A_B \cdot V_B$$

$$V_A = \frac{A_B \cdot V_B}{A_A}$$

Reemplazando en la ecuación de Bernoulli se tiene:

$$h_A - h_B = \frac{V_F^2}{2 \cdot g} - \frac{\left(\frac{A_B \cdot V_B}{A_A}\right)^2}{2 \cdot g}$$

$$h_A - h_B = \frac{V_B^2}{2 \cdot g} \cdot \left[1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2\right]$$

Despejando la velocidad, tenemos:

$$V_B = \sqrt{\frac{2g(h_A - h_B)}{1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$$

La tasa de flujo Q se encuentra multiplicando la velocidad en la garganta V_B por el área de la sección transversal A_B en la garganta, obteniéndose:

$$Q = V_B \cdot A_B = A_B \sqrt{\frac{2g(h_A - h_B)}{1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$$

Los cálculos fueron realizados con los siguientes datos obtenidos con la primera tasa de flujo registrada, el resto de resultados se encuentran consignados en la tabla 13:

-Diámetro de entrada	D_A	26 mm
-Diámetro garganta	D_B	16 mm
-Área de la sección B	$A_B = \pi D_B^2 / 4 = 201.1 \text{ mm}^2 = 2.011 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	
-Relación de área	$A_B / A_A = (D_B / D_A)^2 = (16/26)^2 = 0.379$	
- $h_A =$		402 mm = 0.402 m
- $h_B =$		285 mm = 0.285 m



$$Q_{Venturi} = (2.011 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (0.402 \text{ m} - 0.285 \text{ m})}{1 - (0.379)^2}}$$

$$Q_{Venturi} = 3.2925 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.3295 \text{ l/s}$$

El coeficiente de descarga se estableció por medio de la siguiente relación (Tecquipment, 2010, p4):

$$C = \frac{Q_{Venturi}}{Q_{Real}} = \frac{0.3295 \text{ l/s}}{0.3353 \text{ l/s}} = 0.983$$

El valor de error entre la lectura del caudal aforado (real) y el caudal registrado por el medidor Venturi (teórico) se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.3353 \text{ l/s} - 0.3295 \text{ l/s})}{0.3353 \text{ l/s}} * 100 = 1.8\%$$

Tabla 13. Coeficiente de descarga del medidor de Venturi utilizando diferentes caudales



Q Venturi (L/s) (Teórico)	Q Real (L/s)	Cd	% Error
0,3291	0,335	0,981	1,9%
0,2855	0,301	0,948	5,2%
0,2722	0,275	0,991	0,9%
0,2377	0,250	0,950	5,0%
0,2130	0,222	0,960	4,0%
0,1900	0,198	0,957	4,3%
0,1667	0,170	0,982	1,8%
0,1361	0,150	0,910	9,0%
0,1179	0,122	0,969	3,1%
0,0976	0,098	1,000	0,0%
0,0805	0,071	1,132	13,2%
0,0527	0,050	1,057	5,7%
0,0304	0,036	0,848	15,2%
Promedio		0,976	5%

Fuente: Propia

Se evidencia que el valor promedio del coeficiente de descarga experimental es coherente con el valor presentado en el marco teórico, este varía de 0.92 a 0.99 y el valor encontrado al realizar la práctica es de 0,976. Adicionalmente se obtuvo un valor de error promedio del 5%, el cual es un valor relativamente bajo y aceptable para este tipo de medidor de flujo.

Medidor de Orificio

Se calculó el caudal teórico del medidor Venturi aplicando la ecuación de Bernoulli a los puntos E y F del sistema:

$$\frac{V_E^2}{2 \cdot g} + h_E = \frac{V_F^2}{2 \cdot g} + h_F$$

$$h_E - h_F = \frac{V_F^2}{2 \cdot g} - \frac{V_E^2}{2 \cdot g}$$



Por continuidad se tiene;

$$Q = A_E \cdot V_E = A_F \cdot V_F$$

$$V_E = \frac{A_F \cdot V_F}{A_E}$$

Reemplazando en la ecuación de Bernoulli se tiene:

$$h_E - h_F = \frac{V_F^2}{2 \cdot g} - \frac{\left(\frac{A_F \cdot V_F}{A_E}\right)^2}{2 \cdot g}$$

$$h_E - h_F = \frac{V_F^2}{2 \cdot g} \cdot \left[1 - \left(\frac{A_F}{A_E}\right)^2\right]$$

Despejando la velocidad en el punto F, tenemos:

$$V_F = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (h_E - h_F)}{\left[1 - \left(\frac{A_F}{A_E}\right)^2\right]}}$$

La tasa de flujo Q se encuentra multiplicando la velocidad en la garganta V_F por el área de la sección transversal A_F en la garganta, (Tecquipment, 2010, p8):

$$Q = V_F \cdot A_F = A_F \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (h_E - h_F)}{\left[1 - \left(\frac{A_F}{A_E}\right)^2\right]}}$$

Los cálculos fueron realizados con los siguientes datos obtenidos con la primera tasa de flujo registrada, el resto de resultados se encuentran consignados en la tabla 14:

-Diámetro de entrada D_E 51.9 mm



-Diámetro salida	D_F	20 mm
-Área de la sección F	$A_F = \frac{\pi D_F^2}{4} = 314.15 \text{ mm}^2 = 3.1415 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	
-Relación de área	$A_F/A_E = (D_F/D_E)^2 = (20/51.9)^2 = 0.1484$	
- $h_E =$		378 mm = 0.378 m
- $h_F =$		260 mm = 0.260 m

$$Q_{Orificio} = (3.1415 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) \cdot (0.378 \text{ m} - 0.260 \text{ m})}{1 - (0.1484)^2}}$$

$$Q_{Orificio} = 4.8292 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.48292 \text{ l/s}$$

El medidor de orificio tiene un coeficiente de descarga K de 0.601, este valor se encuentra consignado en el marco teórico de esta práctica.

El coeficiente de descarga se estableció por medio de la siguiente relación:

$$C = \frac{Q_{Real}}{Q_{Orificio}} = \frac{0.3353 \text{ l/s}}{0.48292 \text{ l/s}} = 0.69$$

$$Q_{Teorico} = Q_{Orificio} \cdot K_{Teórico}$$

$$Q_{Teórico} = 0.48292 \text{ l/s} \cdot 0.601 = 0.2902 \text{ l/s}$$

El valor de error entre la lectura del coeficiente experimental (real) y el coeficiente teórico del orificio se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$



$$\% \text{ error} = \frac{(0.69 - 0.601)}{0.69} * 100 = 12.89\%$$

El valor de error entre la lectura del caudal aforado (real) y el caudal registrado por el medidor de orificio (teórico) se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.3353 \text{ l/s} - 0.2902 \text{ l/s})}{0.3353 \text{ l/s}} * 100 = 13.45\%$$

Tabla 14. Coeficiente de descarga del medidor de orificio utilizando diferentes caudales

K teorico	Q Orificio(L/s) (Teórico)	Q Real (L/s)	K experimental	K*Q orificio(L/s)	% Error
0,601	0,4834	0,335	0,694	0,2905	13%
	0,4360	0,301	0,691	0,2620	13%
	0,4005	0,275	0,685	0,2407	12%
	0,3669	0,250	0,682	0,2205	12%
	0,3270	0,222	0,679	0,1965	11%
	0,2918	0,198	0,680	0,1754	12%
	0,2595	0,170	0,654	0,1559	8%
	0,2134	0,150	0,701	0,1283	14%
	0,1835	0,122	0,663	0,1103	9%
	0,1541	0,098	0,633	0,0926	5%
	0,1177	0,071	0,604	0,0708	1%
	0,0890	0,050	0,560	0,0535	7%
	0,0771	0,036	0,465	0,0463	29%
	Promedio		0,646		11%
	% Error K		7%		

Fuente: Propia



Se evidencia que el valor promedio del coeficiente de descarga experimental es coherente con el valor presentado en el marco teórico, que es de 0,601 y el valor encontrado al realizar la práctica es de 0,946 con un error entre estos valores de 7%, este valor es admisible. Adicionalmente se obtuvo un valor de error promedio del 11%, el cual es un valor relativamente bajo y aceptable para este tipo de medidor de flujo.

Medidor de Rotámetro

El caudal depende de la altura Y a la que se encuentra el flotador del rotámetro, los valores de la altura se multiplican por el coeficiente del medidor que es de 0.025, la distancia se introduce en la ecuación en centímetros y el valor del caudal es calculado en litros/segundo (Tecquipment, 2010, p10):

$$Q_{\text{Rotámetro}}(L/s) = 0.025 \cdot Y$$

En la tabla 15 se encuentran los valores de caudal deducidos con el rotámetro, también se encuentra el valor del caudal real y el porcentaje de error entre ambas lecturas.

Tabla 15. Coeficiente de descarga del medidor de orificio utilizando diferentes caudales

Lectura del rotámetro (cm)	Q Rotámetro(L/s)	Q Real (L/s)	Cd	% Error
13	0,325	0,335	1,032	3%
12	0,300	0,301	1,004	0%
11	0,275	0,275	0,998	0%
10	0,250	0,250	1,001	0%
9	0,225	0,222	0,986	1%
8	0,200	0,198	0,992	1%
7	0,175	0,170	0,970	3%
6	0,150	0,150	0,997	0%
5	0,125	0,122	0,973	3%
4	0,100	0,098	0,976	2%
3	0,075	0,071	0,949	5%
2	0,050	0,050	0,997	0%
1,5	0,038	0,036	0,957	5%
Promedio			0,987	2%



Fuente: Propia

Se observa que el rotámetro tiene un error del 2% y un coeficiente de descarga cercano a uno, estos valores son muy satisfactorios, demostrando que el equipo es funcional y confiable, aunque tiene algunos problemas: en la gráfica 7 se muestra que el equipo no cuenta con un racor que conecta la manguera del manómetro al tablero de mediciones, este racor es retirado constantemente por los encargados del laboratorio para ser utilizado en otro equipo, esto ocasiona que este equipo tenga pérdidas de fluido por dicho racor.

Se observó que el equipo presenta algunas pérdidas de presión en el manifold por el cual se suministra aire al equipo. Se recomienda cambio o reparación del manifold y compra de bomba de aire.



Gráfica 5. Daños en el equipo de medición de flujo Tecquipment.

Fuente: Propia

Adicionalmente se recomienda cambio de mangueras, ya que se encuentran cristalizadas, sucias y algunas presentan fugas.

Se concluye que el equipo aún con estos problemas es funcional y confiable

8.3.8 PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS



El equipo H16 de la marca Tecquipment es útil para determinar los valores de las pérdidas para un sistema de tuberías por medio del factor de fricción y el número de Reynolds; para la verificación de este equipo se usó el banco volumétrico Edibon, se analizaron todos los tramos de tubería de este equipo, además se estableció un valor de error en las lecturas piezométricas teóricas y experimentales de cada uno de dichos tramos.

Pérdidas de carga en tuberías rectas

Las pérdidas de carga a lo largo de una longitud L en una tubería recta de diámetro d están dadas por la expresión:

$$h_L = \frac{4fLV^2}{2gd},$$

Donde f es una constante adimensional que es función del número de Reynolds del flujo y de la rugosidad de la superficie interna de la tubería (TecQuipment, 2010, p8). Adicionalmente se tienen dos fórmulas útiles para hallar f , estas han sido probadas experimentalmente con éxito y dependen del rango en el que se encuentre el número de Reynolds así:

$$f = \frac{64}{Re}; \text{ si } 2.000 < Re < 4.000$$

Ecuación de Blasius para el cálculo del factor de fricción:

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}; \text{ si } 10^4 < Re < 10^5$$

La pérdida de carga en tubería recta se muestra en la tabla 12, fue necesario calcular el número de Reynolds para cada registro de caudal:



$$Re = \frac{\rho d u}{\mu}$$

- La densidad del agua a 15° C es de $\rho = 998,1 \frac{kg}{m^3}$
- Viscosidad dinámica agua a 15° C $\mu = 0,00114 Kg/ms$
- Diámetro de la tubería $d = 0,0136 m$
- Longitud de la tubería $L = 0.9144 m$
- La velocidad se define como el caudal sobre el área transversal de la tubería:

$$u = \frac{Q}{A}$$

El caudal se calculó por medio del banco volumétrico, se midió el tiempo necesario para el llenado de un volumen de control preestablecido, para este registro se requirió un tiempo de 50.41 segundos para recolectar 10 litros de agua:

- Volumen: 10 Litros
- Tiempo: 50.41 s

$$Q = \frac{10 L \cdot \left(\frac{1 m^3}{1000 L}\right)}{50.41 s} = 1.98 \times 10^{-4} m^3/s$$

La velocidad del fluido dentro de tubería se puede hallar dividiendo el caudal por la sección transversal de tubería.

$$u = \frac{Q}{Área}$$

- Área sección transversal de la tubería:

$$Área = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,0136 m)^2}{4} = 1.4526 \times 10^{-4} m^2$$

Remplazando los valores en la expresión para hallar la velocidad tenemos:



$$u = \frac{1.98 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1.4526 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.368 \text{ m/s}$$

Con los datos necesarios para calcular el número de Reynolds tenemos:

$$Re = \frac{\rho d u}{\mu}$$

$$Re = \frac{\left(998,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot (0.0136 \text{ m}) \cdot (1.368 \text{ m/s})}{(0,00114 \text{ Kg/ms})} = 16,288$$

Como en esta ocasión se obtuvo un número de Reynolds de 16,288 se utilizó ecuación de Blasius para hallar el factor de fricción (Tecquipment, 2010, p18):

$$f = \frac{0.0785}{Re^{0.25}}; \text{ si } 10^4 < Re < 10^5$$

$$f = \frac{0.0785}{(16288)^{0.25}} = 0.00695$$

Después se procedió a calcular la pérdida de carga teórica:

$$h_{L \text{ (Teórico)}} = \frac{4fLV^2}{2gd}$$

$$h_{L \text{ (Teórico)}} = \frac{4 \cdot (0.00695) \cdot (0.9144 \text{ m}) \cdot \left(1.368 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (0,0136 \text{ m})} = 0.178 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre los puntos 3 y 4 tenemos:

$$\frac{V_3^2}{2 \cdot g} + h_3 = \frac{V_4^2}{2 \cdot g} + h_4 + h_{L \text{ (Teórico)}}$$

Despejando la diferencia de alturas piezométricas entre el punto 3 y 4 tenemos:

$$h_3 - h_4 = \frac{V_4^2}{2 \cdot g} - \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + h_{L \text{ (Teórico)}}$$



Pero como la velocidad en el punto 3 y 4 es igual debido a que no existe ningún cambio área en la sección transversal de la tubería recta se tiene que:

$$h_3 - h_4 = h_L \text{ (Teórico)}$$

Por medio de la expresión anterior se puede calcular la diferencia de alturas piezométricas teóricas entre en punto 3 y 4.

Para el cálculo de la diferencia de altura experimental hay que restar las alturas piezométricas de los manómetros 3 y 4.

$$h_3 = 0.812 \text{ m}$$

$$h_4 = 0.615 \text{ m}$$

$$H_{\text{Experimental}} = h_3 - h_4$$

$$h_L \text{ (Experimental)} = 0.812 \text{ m} - 0.615 \text{ m} = 0.197 \text{ m}$$

El valor de error entre la lectura piezometrica experimental (real) y la lectura piezometrica teórica se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.197 \text{ m} - 0.178 \text{ m})}{0.197 \text{ m}} * 100 = 10\%$$

En la tabla 16 se encuentran consignados los valores de la velocidad, número de Reynolds, factor de fricción, altura piezométrica experimental y teórico para 7 registros de caudal.



Tabla 16. Altura piezométrica experimental y teórica en función del caudal

Caudal (m ³ /s)	V	Re	Factor de fricción teórica	Factor de fricción experimental	Altura piezométrica experimental (m)	Altura piezométrica teórica (m)	Error altura piezométrica
1,98E-04	1,365	16259	0,00695	0,00705	0,197	0,178	10%
1,55E-04	1,067	12705	0,00739	0,00703	0,12	0,115	4%
1,29E-04	0,889	10583	0,00774	0,00718	0,085	0,084	1%
9,60E-05	0,661	7865	0,00814	0,00933	0,061	0,049	18%
6,82E-05	0,469	5590	0,01145	0,00757	0,025	0,035	38%
4,67E-05	0,321	3825	0,01673	0,00776	0,012	0,024	97%
2,87E-05	0,197	2350	0,02723	0,01199	0,007	0,015	108%
Promedio							40%

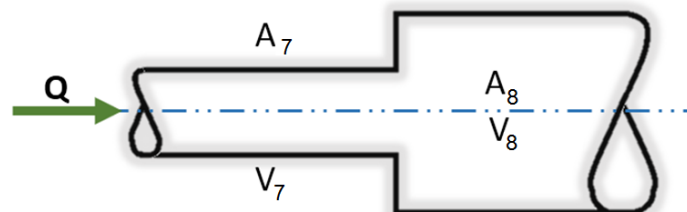
Fuente: Propia

Pérdidas de carga debidas a cambios repentinos en el área del flujo

Expansión súbita: La pérdida de carga en una expansión súbita está dada por la ecuación:

$$h_L = \frac{(V_7 - V_8)^2}{2g}$$

Se muestra a continuación el esquema de la expansión súbita:



Gráfica 6. Expansión súbita del punto 7 al punto 8

Adaptado de: Adaptado de: USTA 2011, Pérdidas en un sistema de tuberías, J. LUIS DÍAZ A

Utilizando la ecuación de Bernoulli en los puntos 7 y 8 tenemos:



$$\frac{V_7^2}{2 \cdot g} + h_7 = \frac{V_8^2}{2 \cdot g} + h_8 + h_L$$

Despejando la diferencia de alturas piezométricas entre el punto 7 y 8 tenemos:

$$h_8 - h_7 = \frac{V_7^2}{2 \cdot g} - \frac{V_8^2}{2 \cdot g} - h_L$$

Por continuidad tenemos que:

$$Q = A_7 \cdot V_7 = A_8 \cdot V_8$$

Despejando la velocidad en el punto 8:

$$V_8 = \frac{A_7 \cdot V_7}{A_8}$$

Introduciendo la expresión de la velocidad en el punto 8 a la ecuación de Bernoulli obtenemos:

$$h_8 - h_7 = \frac{V_7^2}{2 \cdot g} \left[1 - \left(\frac{A_7}{A_8} \right)^2 \right] - h_L$$

Por ultimo remplazamos la expresión de la pérdida de carga h_L :

$$h_8 - h_7 = \frac{V_7^2}{2 \cdot g} \left[1 - \left(\frac{A_7}{A_8} \right)^2 \right] - \left(\frac{(V_7 - V_8)^2}{2 \cdot g} \right)$$
$$h_8 - h_7 = \frac{V_7^2}{2 \cdot g} \left[1 - \left(\frac{A_7}{A_8} \right)^2 \right] - \left(\frac{\left(V_7 \cdot \left(1 - \frac{A_7}{A_8} \right) \right)^2}{2 \cdot g} \right)$$

Se registró un caudal de $0,00030416 \text{ m}^3/\text{s}$



Área sección transversal de la tubería en el punto 7:

$$\text{Área}_7 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,0132 \text{ m})^2}{4} = 1.36848 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Área sección transversal de la tubería en el punto 8:

$$\text{Área}_8 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,0262 \text{ m})^2}{4} = 5.3913 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Velocidad en el punto 7

$$V_7 = \frac{Q}{\text{Área}_7} = \frac{0,00030416 \text{ m}^3/\text{s}}{1.36848 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 2,22266 \text{ m/s}$$

Relación de áreas 7 y 8

$$\frac{A_7}{A_8} = \frac{1.36848 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{5.3913 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,253831362$$

Teniendo todos los datos necesarios para el cálculo de la diferencia de alturas teórico, remplazamos en la expresión:

$$h_8 - h_7 = \frac{V_7^2}{2 \cdot g} \left[1 - \left(\frac{A_7}{A_8} \right)^2 \right] - \left(\frac{\left(V_7 \cdot \left(1 - \frac{A_7}{A_8} \right) \right)^2}{2 \cdot g} \right)$$
$$(h_8 - h_7)_{\text{Teórico}} = \frac{(2,222 \text{ m/s})^2}{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)} [1 - (0,253)^2] - \left(\frac{((2,222 \text{ m/s}) \cdot (1 - 0,253))^2}{2 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2)} \right)$$
$$(h_8 - h_7)_{\text{Teórico}} = 0.095 \text{ m}$$

El valor teórico de la diferencia de alturas piezométricas debería ser de 0.095 m. El valor real de la diferencia de alturas es igual a las lecturas de los



manómetros 7 y 8 así:

$$h_7 = 0.590 \text{ m}$$

$$h_8 = 0.619 \text{ m}$$

$$H_{\text{Experimental}} = h_8 - h_7$$

$$h_L (\text{Experimental}) = 0.619 \text{ m} - 0.590 \text{ m} = 0.029 \text{ m}$$

El valor de error entre la lectura piezométrica experimental (real) y la lectura piezométrica teórica se estableció de la siguiente manera:

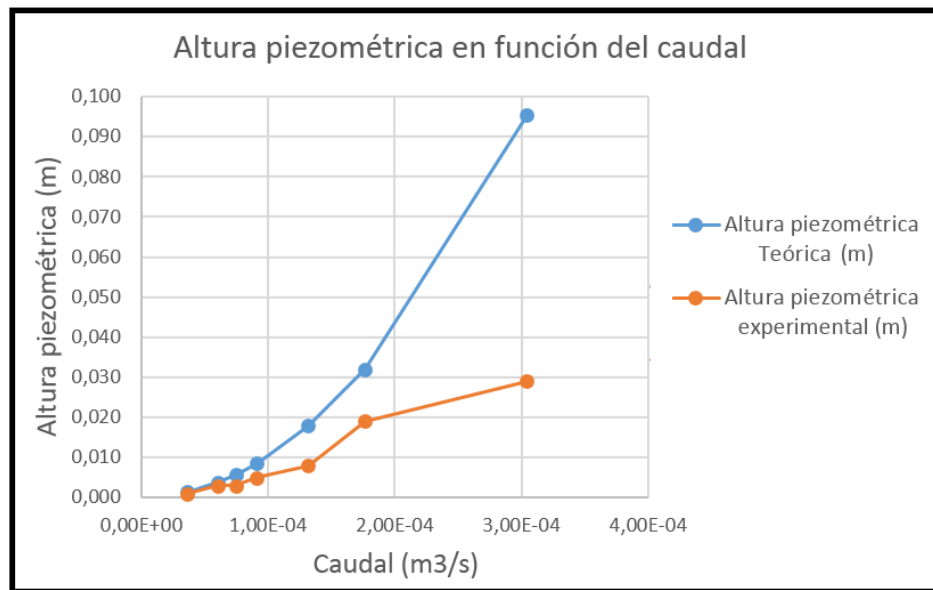
$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.029 \text{ m} - 0.095 \text{ m})}{0.029 \text{ m}} * 100 = 229\%$$

Tabla 17. Altura piezométrica experimental y teórica en función del caudal

Caudal (m ³ /s)	V7 (m/s)	V8 (m/s)	hL (m)	Altura piezométrica Teórica (m)	Altura piezométrica experimental (m)	Error altura piezométrica
3,04E-04	2,223	0,564	0,1402	0,095	0,029	229%
1,76E-04	1,288	0,327	0,0471	0,032	0,019	69%
1,32E-04	0,961	0,244	0,0262	0,018	0,008	123%
9,12E-05	0,667	0,169	0,0126	0,009	0,005	72%
7,46E-05	0,545	0,138	0,0084	0,006	0,003	91%
6,06E-05	0,443	0,112	0,0056	0,004	0,003	26%
3,64E-05	0,266	0,067	0,0020	0,001	0,001	36%
Promedio						70%

Fuente: Propia



Gráfica 7. Comparación altura piezométrica teórica y experimental
Fuente: Propia

En la tabla 17 se encuentran consignados los valores de la velocidad, factor de fricción, altura piezométrica experimental y teórico para un total de 7 registros de caudal.

Se observa que los valores de error entre las lecturas de alturas piezométricas teóricas y experimentales son muy altas tanto en la tabla 16 como en la 17, las cuales muestran la diferencia en las alturas piezométricas teóricas y experimentales en un tramo de tubería recta y en una expansión súbita, se analizaron el resto de secciones del equipo y se encontró que la tendencia de valores altos de error se extienden por todas las secciones del equipo, en la tabla 18 se muestran los valores de todos las secciones del equipo.

Tabla 18. Valores de error promedio en cada una de las secciones del equipo



Sección de la tubería	% promedio de error en cada sección del equipo
Tramo recto de 13.7 mm de diámetro	40%
Curva brusca 90° (Inglete)	64%
Codo estándar 90°	75%
Válvula de compuerta	63%
Expansión súbita - 13.7 mm/26.4 mm	70%
Contracción súbita - 26.4 mm/13.7 mm	66%
Curva suave 90° 100 mm radio	50%
Curva suave 90° 150 mm radio	47%
Válvula de globo	60%
Tramo recto de 26.4 mm de diámetro	72%
Promedio	61%

Fuente: Propia

Se observan valores muy altos en los valores de error de este equipo, pese a que se realizó la práctica bajo estándares rigurosos como tomas de caudal en repetidas ocasiones, corrección de la densidad y la viscosidad en función de la temperatura del agua y de que se aplicara correctamente la ecuación de Bernoulli; tomando en cuenta que para los cálculos realizados se tomaron de 4 a 5 cifras significativas. Se le atribuye el alto valor de error a las pérdidas de presión que sufre el equipo en algunos de los manifolds, se observa que pierden presión por que las tapas que sellan el sistema están deterioradas y presentan pérdidas. Adicionalmente, se observó fuga de fluido en varios sectores de la instalación como en las válvulas y mangueras que conectan las tuberías con los manómetros. Se observó también que las mangueras que contienen los manómetros de mercurio se encuentran manchadas y cristalizadas, impidiendo así una adecuada medición de la altura piezométrica de los manómetros en U, se encuentra que los niveles de mercurio es dicho manómetro es insuficiente para un rango mayor de caudal, puesto que si se supera un caudal aproximadamente de $0,0003041 \text{ m}^3/\text{s}$ los manómetros en U empiezan a sufrir pérdida de mercurio debido a que las pérdidas de carga son mayores que la columna de mercurio.

Se concluye que este equipo es funcional pero no es nada confiable por los problemas mencionados anteriormente, se recomienda mantenimiento correctivo o la adquisición de un equipo nuevo.



8.3.9 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN UNA TUBERÍA

El equipo H7 de la marca Tecquipment registra las pérdidas por fricción en una tubería, para la verificación de este equipo se usó el banco volumétrico Edibon, este equipo puede trabajar bajo dos regímenes de flujo, laminar y turbulento. Se analizan a continuación ambos tipos de flujo y se comparan los datos de las alturas piezométricas teóricas y experimentales, esto con el fin de mostrar un valor de error relativo que nos servirá para observar que tan coherentes son los resultados medidos con el equipo.

Flujo Laminar

Se preparó el equipo para que funcionara con el manómetro de agua para probar el flujo laminar. Se encendió la bomba del banco volumétrico y se abrió completamente la válvula de aguja hasta obtener una diferencia en las alturas piezométricas de 84 mm. Se procedió a registrar el tiempo requerido por banco hidráulico en recolectar un volumen de fluido, se registraron 10 caudales a lo largo de diferentes alturas piezométricas. La temperatura del agua era de 18 ° C. Por último se midieron las alturas piezométricas h_1 y h_2 .

En el primer registro se obtuvieron los siguientes datos:

Alturas piezométricas h_1 y h_2

$$h_1 = 247 \text{ mm}$$

$$h_2 = 237 \text{ mm}$$

Volumen $V = 17.5 \text{ mililitros}$

Tiempo $T = 40 \text{ segundos}$

El caudal se puede calcular de la siguiente manera:



$$Q = \frac{Volumen}{Tiempo} = \frac{17.5 \text{ ml} \cdot \left(\frac{1 \text{ litro}}{1000 \text{ ml}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{40 \text{ s}} = 4.375 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

La viscosidad dinámica del agua a 18° C es de 0,001054 kg/(m · s) y la densidad de 998,6 Kg/m³.

El tramo de tubería recto posee las siguientes dimensiones:

- Longitud $L = 0.524 \text{ m}$
- Diámetro $D = 0.003 \text{ m}$

$$\text{Área} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.003 \text{ m})^2}{4} = 7,06858 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

La velocidad del fluido al interior de la tubería recta se puede conocer de la siguiente manera:

$$V = \frac{Q}{\text{Área}} = \frac{4.375 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}}{7,06858 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,0618 \text{ m/s}$$

El número de Reynolds se estableció de la siguiente forma:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Re = \frac{(998,6 \text{ Kg/m}^3) \cdot (0,0618 \text{ m/s}) \cdot (0.003 \text{ m})}{(0,001054 \text{ kg/m} \cdot \text{s})} = 175.66$$

En este caso el flujo es laminar debido a que el número de Reynolds es menor a 2,000; por lo que se utilizó la siguiente ecuación:

$$h_{f, \text{lam}} = \frac{64}{Re} \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{32 \mu V}{\rho g D^2}$$



$$h_{f,lam} = \frac{32 \cdot (0,001054 \text{ kg/m} \cdot \text{s}) \cdot (0,0618 \text{ m/s})}{(998,6 \text{ Kg/m}^3) \cdot (9.81 \text{ m/s}) \cdot (0.003)^2} = 0,02368$$

El gradiente hidráulico experimental para flujos laminares se definen como (UNICAUCA, s.f., p3):

$$h_{f,exp} = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad \text{para manómetro de agua} \quad (6)$$

Y las alturas piezométricas registrados son $h_1 = 247 \text{ mm}$ y $h_2 = 237 \text{ mm}$ y la longitud de la tubería es de 0.524 m .

$$h_{f,exp} = \frac{(247\text{mm} - 237\text{mm}) \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}\right)}{0.524 \text{ m}} = 0,01908$$

El valor de error entre el gradiente experimental (real) y el valor del gradiente teórico se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teorico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0,01908 - 0,02368)}{0,01908} * 100 = 24\%$$

Tabla 19. Valor de gradiente hidráulico teórico y experimental para diferentes caudales con flujo laminar.



Lecturas piezométricas		Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re	f	hf exp	hf teo	% error
h1 (mm)	h2 (mm)							
247	237	0,0000004	0,0618936	175,9	0,364	0,02	0,024	24%
264	233	0,0000013	0,1886281	536,1	0,119	0,06	0,072	18%
269	225	0,0000020	0,2876578	817,6	0,078	0,08	0,110	24%
295	222	0,0000030	0,4196975	1192,9	0,054	0,14	0,161	13%
329	207	0,0000053	0,7545123	2144,6	0,030	0,23	0,289	19%
358	200	0,0000067	0,9431404	2680,7	0,024	0,30	0,361	16%
397	155	0,0000072	1,0138759	2881,8	0,022	0,46	0,388	19%
404	145	0,0000075	1,0610330	3015,8	0,021	0,49	0,406	22%
399	99	0,0000090	1,2732395	3618,9	0,018	0,57	0,487	18%
425	105	0,0000097	1,3675536	3887,0	0,016	0,61	0,523	17%
							Promedio	19%

Fuente: Propia

Flujo turbulento

Se preparó el equipo para trabajar en régimen turbulento, esto se logró girando la válvula de aislamiento al lado derecho del aparato. Se verificó que los niveles de mercurio fuesen iguales en ambos lados del manómetro. Se procedió a encender la bomba del banco hidráulico y se registró el tiempo requerido por banco hidráulico en recolectar un volumen de fluido, se registraron 10 caudales a lo largo de diferentes alturas piezométricas. La temperatura del agua era de 18 ° C. Por último se midieron las alturas piezométricas h_1 y h_2 .

Volumen $V = 160$ *mililitros*

Tiempo $T = 30$ *segundos*

El caudal se puede calcular de la siguiente manera:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{160 \text{ ml} \cdot \left(\frac{1 \text{ litro}}{1000 \text{ ml}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{30 \text{ s}} = 5.33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

La viscosidad dinámica del agua a 18° C es de $0,001054 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ y la densidad de $998,6 \text{ Kg}/\text{m}^3$



El tramo de tubería recto posee las siguientes dimensiones:

- Longitud 0.524 m
- Diámetro 0.003 m

$$\text{Área} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0.003 \text{ m})^2}{4} = 7,06858 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

La velocidad del fluido al interior de la tubería recta se puede conocer de la siguiente manera:

$$V = \frac{Q}{\text{Área}} = \frac{0,0000053 \text{ m}^3/\text{s}}{7,06858 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,7545 \text{ m/s}$$

El número de Reynolds se estableció de la siguiente forma:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Re = \frac{(998,6 \text{ Kg/m}^3) \cdot (0,7545 \text{ m/s}) \cdot (0.003 \text{ m})}{(0,001054 \text{ kg/m} \cdot \text{s})} = 2144$$

En este caso el flujo es crítico, que es régimen entre laminar y turbulento. En caso todos los datos fueron tomados como turbulentos y para este régimen se utilizó la ecuación de Colebrook para hallar el factor de fricción de Darcy (MEGARIDIS, 2003, p5):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Esta ecuación depende del número de Reynolds y el factor de fricción, dicha ecuación se encuentra de forma implícita, es decir que no se puede despejar la variable que se quiere evaluar, por lo que es necesario la aplicación de métodos numéricos para su solución, con la ayuda de la función buscar objetivo de la



herramienta Microsoft Excel se encontraron valores de factor de fricción, se escribió la ecuación y se usó la herramienta para encontrar la condición de equilibrio, en la tabla 20 se encuentran consignados los valores del factor de fricción en función del número de Reynolds utilizando la ecuación de Colebrook:

Tabla 20. Valores de factor de fricción en función Re usando la ecuación de Colebrook

Re	f
2144,6	0,048
2814,7	0,044
3216,8	0,043
4557,2	0,038
6165,6	0,035
7506,0	0,033
7908,1	0,033
8176,1	0,033
8578,2	0,032
9114,4	0,032

Fuente: Propia

Y por medio de la ecuación de Darcy-Weisbach establecimos el valor del gradiente hidráulico.

$$h_{f,Teórico} = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación de Darcy – Weisbach} \quad (2)$$

Remplazando los valores numéricos en la ecuación tenemos:

$$h_{f,Teórico} = (0.048) \frac{1}{(0.003 \text{ m})} \frac{\left(0.7545 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 0.468$$

Las pérdidas de fricción por unidad de longitud h_f se encontraron utilizando el manómetro de mercurio, estos valores se obtuvieron por medio de la siguiente expresión consignada en el marco teórico de esta práctica:



$$h_{f,exp} = \frac{(h_1 - h_2)(SG_{mercurio} - 1)}{L} \text{ para manómetro de mercurio} \quad (7)$$

Se obtuvieron los siguientes datos utilizando el manómetro en U, que contenía mercurio en su interior:

Alturas piezométricas h_1 y h_2

$$h_1 = 152 \text{ mm}$$

$$h_2 = 170 \text{ mm}$$

Y la gravedad específica del mercurio es de 13.6 y la longitud de la tubería es de 0.524 m.

$$h_{f,exp} = \frac{\left((170 \text{ mm} - 152 \text{ mm}) \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right) \right) (13.6 - 1)}{0.524 \text{ m}} = 0.43$$

El valor de error entre el gradiente experimental (real) y el valor del gradiente teórico se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.43 - 0.468)}{0.43} * 100 = 8\%$$

Tabla 21. Valor de gradiente hidráulico teórico y experimental para diferentes caudales con flujo turbulento.



Lecturas piezométricas		Q (m3/s)	V (m/s)	Re	f	hf exp	hf teo	% error
h1 (mm)	h2 (mm)							
152	170	0,0000053	0,75	2144,6	0,048	0,43	0,468	8%
153	169	0,0000070	0,99	2814,7	0,044	0,38	0,740	48%
151	172	0,0000080	1,13	3216,8	0,043	0,50	0,927	46%
133	191	0,0000113	1,60	4557,2	0,038	1,39	1,678	17%
100	224	0,0000153	2,17	6165,6	0,035	2,98	2,817	6%
78	247	0,0000187	2,64	7506,0	0,033	4,06	3,953	3%
69	253	0,0000197	2,78	7908,1	0,033	4,42	4,326	2%
62	260	0,0000203	2,88	8176,1	0,033	4,76	4,582	4%
50	271	0,0000213	3,02	8578,2	0,032	5,31	4,979	7%
43	280	0,0000227	3,21	9114,4	0,032	5,70	5,530	3%
							Promedio	14%

Fuente: Propia

Se estableció un valor de error relativo promedio de 19% para el flujo laminar y 14 % para el flujo turbulento, estos valores son relativamente altos. Se concluye que el equipo es funcional y presenta un margen de confiabilidad media, esto fundamentado en los valores de error relativo observados en los registros de gradiente hidráulico obtenidos en forma experimental y teórica.

Se evidencia pérdidas de agua en algunos sectores del montaje. Se recomienda cambio de mangueras, ya que están sucias y cristalizadas. Adicionalmente el mercurio con que cuenta el equipo no es suficiente, se recomienda recarga de mercurio. Y por último se recomienda compra de bomba de aire.

8.3.10 CANAL HIDRÁULICO

El canal hidráulico fue verificado por medio de la fórmula de Manning, la cual depende del radio hidráulico, pendiente y de n , este último es un parámetro que depende del factor de rugosidad del material del que está fabricado el canal (CHOW, VT, s.f.); en nuestro caso se supuso un n teórico de 0.01. Se tomaron varios registros de caudal por medio del banco gravimétrico y un cronómetro, simultáneamente se registró la altura de la lámina de agua a lo largo de todo el perfil longitudinal del canal.



En el primer registro se obtuvieron los siguientes datos:

Por medio del inclinómetro con el que cuenta el equipo se obtuvo el valor de la pendiente:

$$S = 0,004 \text{ m/m}$$

El banco gravimétrico funciona por medio de un pivote, en un extremo del pivote está el tanque donde se colocan pesos y en el otro extremo un sistema de pesas que pueden ser variados dependiendo del caudal que se esté utilizando; el sistema entra en equilibrio cuando los momentos en el pivote se igualan, es decir que el momento producido por el peso es igual al momento producido por el agua dentro del tanque, el brazo de los pesos es 3 veces más largo que el brazo del tanque, por lo que para calcular el peso del agua dentro del tanque es necesario multiplicar por tres el peso utilizado en el sistema, en nuestro caso usamos un peso de 3 kilogramos, lo que equivale a 9 kilogramos de agua dentro del tanque del banco gravimétrico:

$$m = 9 \text{ Kg de agua}$$

El sistema requirió de 18,82 segundos para estar en equilibrio, es decir que se tomó 18,82 segundos para recolectar 9 kilogramos de agua, con estos valores se calculó el flujo másico, que es una diferencial de masa a través del tiempo:

$$\dot{m} = \frac{m}{t} = \frac{9 \text{ Kg}}{18,82 \text{ s}} = 0,478 \text{ Kg/s}$$

Se puede establecer el valor del caudal dividiendo el flujo másico por la densidad del fluido, en nuestro caso la densidad del agua a 15 ° Celsius es de 998,1 Kg/m³:

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{0,478 \text{ kg/s}}{998,1 \text{ kg/m}^3} = 4,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$



Utilizando un piezómetro de aguja se estableció una altura de 0,019 metros de lámina de agua:

$$h = 0,019 \text{ m}$$

El ancho del canal es de 7,5 centímetros, este valor se obtuvo utilizando una cinta métrica, midiendo en diferentes partes del canal para verificar que este valor es constante a lo largo de todo el canal.

$$b = 0,075 \text{ m}$$

Como ya se había dicho se utilizó un coeficiente de Manning (n teórico) de 0.01, este valor corresponde al valor teórico del vidrio, se utilizó este valor por qué es lo más parecido al acrílico:

$$n_{\text{Teórico}} = 0,01$$

Se calculó el valor de radio hidráulico que es igual al área mojada por el perímetro mojado así:

$$R_H = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro}} = \frac{b \cdot h}{2 \cdot h + b} = \frac{(0,019 \text{ m}) \cdot (0,075 \text{ m})}{2(0,019 \text{ m}) + 0,075 \text{ m}} = 0,01261 \text{ m}$$

Retemplando los valores en la fórmula de Manning obtenemos el valor de la velocidad teórica:

$$V = \frac{1}{n_{\text{Teórico}}} \cdot R_H^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$V_{\text{Teórico}} = \frac{1}{0,01} \cdot (0,01261 \text{ m})^{2/3} \cdot (0,004 \text{ m/m})^{1/2} = 0,342 \text{ m/s}$$

Se calculó el área del flujo de la siguiente manera:

$$\text{Área} = b \cdot h = (0,019 \text{ m}) \cdot (0,075 \text{ m}) = 1,14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

La velocidad experimental se obtuvo dividiendo el valor del caudal obtenido por el banco hidráulico por el área del flujo



$$V_{Experimental} = \frac{Q}{\text{Área}} = \frac{4.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0.335 \text{ m/s}$$

El valor de error entre valor de la velocidad experimental (real) y el valor de la velocidad teórica se estableció de la siguiente manera:

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor teórico})}{\text{Valor real}} * 100$$

$$\% \text{ error} = \frac{(0.335 \text{ m/s} - 0.342 \text{ m/s})}{0.335 \text{ m/s}} * 100 = 2\%$$

Se estableció un error del 2% en este primer registro, en la tabla 22 se encuentran consignados los resultados obtenidos de velocidades teóricas y experimentales utilizando diferentes pendientes, se observa que el promedio de error relativo de las mediciones es de 6 % este valor es realmente bajo y se comprueba que este equipo es funcional y además los datos que se registran son confiables.

Tabla 22. Valor de velocidad teórica y experimental para diferentes pendientes

Pendiente (s)	h (mm)	Rh (m)	Área (m2)	Caudal real (m3/s)	Velocidad experimental (m/s)	Velocidad teórica (m/s)	% de error
0,004	19	0,01261062	0,001425	0,00047904	0,336168531	0,34265279	2%
0,0028	21	0,01346154	0,001575	0,00047626	0,302385397	0,29943931	1%
0,002	25	0,015	0,001875	0,00047955	0,255759831	0,27200434	6%
0,001	35	0,01810345	0,002625	0,00048151	0,183433506	0,21802562	16%
Promedio							6%

Fuente: Propia

Durante la verificación de este equipo se encontró que el tubo de PVC que conduce el agua del canal hidráulico al banco granítico se encuentra roto, se recomienda remplazo de este tubo, ya que produce derrames que son considerables.

El canal hidráulico presenta algunas fugas, estas fugas son ocasionadas por que los acrílicos se han desprendido de la base del mismo, esto en consecuencia del movimiento que se genera en todo el canal debido al golpe que causado por el



banco gravimétrico al momento de medir la masa de agua. Se recomienda el sellado de estos acrílicos y la colocación de una almohadilla de protección para el pivote del banco gravimétrico, con esto se reduciría el impacto del golpe producido por este.

Al equipo le hacen falta varios accesorios: compuertas, vertedero de cresta afilada y el vertedero de cresta ancha, que son montajes básicos de este equipo. Se recomienda compra de estos accesorios faltantes.

Por último se recomienda mantenimiento preventivo de la bomba, cambio de agua utilizada y limpieza general del canal.

8.3.11 TURBINA PELTON

La turbina Pelton no puede ser evaluada debido a que es necesario la instalación de un manómetro a la entrada del instrumento para conocer la cabeza de energía disponible, este valor es crucial para el cálculo del valor de la potencia de la turbina, la eficiencia y el valor de la velocidad periférica.

Aunque se realizaron los cálculos suponiendo una cabeza de energía disponible de 1.2 metros, por obvias razones no se puede obtener un valor de error de esta práctica.

Se tomaron varios registros de caudal por medio del banco volumétrico y un cronómetro, simultáneamente se registró la lectura del dinamómetro y la velocidad de la turbina por medio de un estroboscopio.

En el primer registro se obtuvieron los siguientes datos:

Volumen $V = 2$ litros

Tiempo $T = 24,79$ segundos



El caudal se puede calcular de la siguiente manera:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{2 \text{ litros} \cdot \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}}\right)}{24,79 \text{ s}} = 8,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

El valor del torque se obtuvo de la lectura del dinamómetro. Se multiplicó la fuerza ejercida por el motor sobre el dinamómetro por el brazo de palanca que hay desde el eje del motor hasta el dinamómetro. Torque (N.m) = lectura del dinamómetro x 0.0045. En nuestro caso la lectura del dinamómetro fue de 10 así que:

$$T = 10 \times 0.0045 = 0.045 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se calculó la potencia de del fluido suponiendo una cabeza disponible de 1,2 metros.

$$P_{\text{fluido}} = \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P_{\text{fluido}} = [(998,1 \text{ Kg/m}^3) \cdot (9,81 \text{ m/s})] \cdot (8,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (1,2 \text{ m}) = 0.94 \text{ W}$$

Velocidad de giro (n), se obtuvo por medio de un estroboscopio obteniendo se 3700 RPM o 61 Hertz,

También se calculó la potencia de salida o la potencia de freno de la ecuación en donde ω es la velocidad angular:

$$B.P. = T\omega = (2\pi/60) \cdot n \cdot T$$

$$B.P. = (2\pi/60) \cdot (3700) \cdot (0.045 \text{ N} \cdot \text{m}) = 17.43 \text{ W}$$

Se calcula la eficiencia real de la turbina de la ecuación:



$$\eta_{real} = P_{fluido} / B.P. = \frac{0.94 W}{17.43 W} = 0.05$$

Es inútil tratar de sacar el error relativo de esta práctica debido a que se supuso la altura de cabeza disponible. Por lo que se clasifica este equipo como no confiable y se recomienda instalación de un manómetro en la entrada del instrumento o la compra de una turbina Pelton, los modelos actuales ya tienen este manómetro incorporado, además de un sistema más práctico para el registro del torque, aunque se muestran el resumen de cálculos realizados en la tabla 23.

Tabla 23. Valor de eficiencia teórica y experimental para diferentes caudales

Lectura del dinamómetro	Torque (N.m)	RPM	Q (m3/s)	Potencia fluido (Watt)	Potencia de salida (Watt)	Eficiencia real	Factor de velocidad periférica ϕ	$\eta_{th} = 2\phi(C_v - \phi)(1 - \cos \theta)$
10	0,045	3700	8,07E-05	0,948	17,436	0,05	0,4244	0,86
19	0,0855	3500	8,56E-05	1,006	31,337	0,03	0,4015	0,85
26	0,117	3200	9,11E-05	1,071	39,207	0,03	0,3671	0,83
29	0,1305	2450	1,03E-04	1,216	33,482	0,04	0,2811	0,73
18	0,081	1922	1,10E-04	1,292	16,303	0,08	0,2205	0,62

Fuente: Propia

El equipo presenta fuga de fluido en la parte baja, en donde se conecta el aparato al soporte de apoyo. Se encontró que el cordón de fricción se encuentra desgastado, se recomienda su remplazo por uno nuevo. Por último se encontró que el estroboscopio se encuentra en perfecto estado.

8.3.12 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LA VERIFICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS

Este análisis de confiabilidad de los equipos se realizó en un periodo comprendido desde el 4 de abril de 2014 hasta el 5 de diciembre de 2014, en este análisis se encontraron equipos con altos, medios y bajos niveles de confiabilidad, estos datos se obtuvieron de forma sistemática, con una metodología ordenada, garantizando una buena recolección de datos con el fin de hacer un análisis de buena calidad y con esto respaldar las conclusiones de este trabajo con suficiente



criterio y soporte.

La tabla 24 muestra los porcentajes en las que se dividió el nivel de confiabilidad de los equipos de laboratorio. Estos porcentajes fueron distribuidos de esta manera, considerando que un valor de error relativo mayor al 25% es un valor muy elevado para un equipo de medición en óptimas condiciones; se estableció que el equipo posee una confiabilidad media cuando el rango de error relativo se encuentra en un rango de 15% al 25 %; y por último todos los registros de error relativo inferiores al 15% son catalogados como equipos muy confiables, estos valores son importantes ya que alimentan a la matriz automatizada de la hoja de vida de cada uno de los equipos, estos valores fueron adoptados por iniciativa propia del diseñador, ya que no se encontraron ejemplos de análisis de este tipo en la bibliografía consultada.

Tabla 24. Niveles de confiabilidad distribuidos en función del porcentaje de error relativo

NIVEL DE CONFIABILIDAD	PUNTAJE
Muy confiable	(% error) < 14,99%
Medianamente confiable	15% ≤ (% error) < 24,99%
Nada confiable	(% error) > 25%

Fuente: Propia

En la tabla 25 se encuentran consignados todos los equipos del laboratorio de hidráulica, incluso se encuentran los equipos que no funcionan. Para los equipos que no funcionan se supuso una confiabilidad baja o nula, debido a que no se puede comprobar el valor del error relativo de estos equipos, el valor que se supuso fue del 100%. En dicha tabla se encuentran 19 equipos de los cuales 8 no funcionan, ha estos equipos se les asignó el valor de error relativo del 100% mencionado anteriormente.



Tabla 25. Porcentaje de error relativo y niveles de confiabilidad de los equipos del laboratorio de hidráulica

NOMBRE DEL EQUIPO	ESTADO DEL EQUIPO	% ERROR RELATIVO DE CADA UNA DE LAS	NIVEL DE CONFIABILIDAD
Canal Hidráulico	Operando	6%	Muy confiable
Impacto de Chorro	Operando	9%	Muy confiable
Determinación de Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Trayectoria de un Chorro y Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Venturímetro	Operando	6%	Muy confiable
Medición de Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Calibrador de Manómetro	Operando	8%	Muy confiable
Centro de Presión	Operando	1%	Muy confiable
Perdidas por Fricción	Operando	16%	Medianamente confiable
Bomba de Ariete	No funciona	100%	Nada confiable
Turbina Pelton	Operando	100%	Nada confiable
Vórtice	No funciona	100%	Nada confiable
Banco Hidráulico Volumétrico	No funciona	100%	Nada confiable
Numero de Reynolds	No funciona	100%	Nada confiable
Pérdidas en Sistema de Tuberías	Operando	40%	Nada confiable
Bombas en Serie y en Paralelo	No funciona	100%	Nada confiable
Banco Hidrostático	No funciona	100%	Nada confiable
Perdidas de Energía en Tubería	No funciona	100%	Nada confiable
Viscosímetro	No funciona	100%	Nada confiable

Fuente: Propia

En la tabla 26 se consignan la cantidad de equipos considerados confiables, medianamente confiables y equipos nada confiables de acuerdo con los resultados obtenidos en cada una de las verificaciones que se le realizaron a los equipos de laboratorio.

Tabla 26. Cantidad de equipos considerados confiables, medianamente confiables y nada confiables del laboratorio de hidráulica.

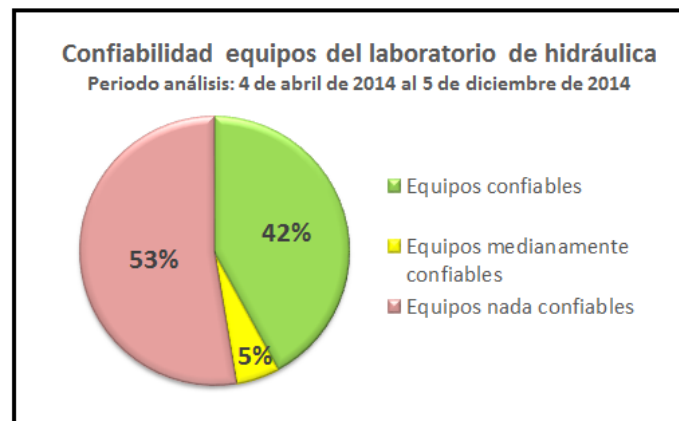
ITEM	Numero de equipos	% de equipos
Equipos confiables	8	42%
Equipos medianamente confiables	1	5%
Equipos nada confiables	10	53%

Fuente: Propia

En la gráfica 10 se muestran los resultados de clasificación de la confiabilidad de



los equipos, y se observa que más de la mitad de los equipos disponibles en el laboratorio de hidráulica son clasificados como equipos nada confiables, un resultado pobre. La Facultad de Ingeniería Civil debe tomar medidas para mejorar este resultado, puesto que los más perjudicados son los estudiantes que están en contacto permanente con estos equipos, creando en ellos la percepción de decadencia en la calidad de los servicios prestados por el laboratorio de hidráulica.



Gráfica 8. Confiabilidad equipos del laboratorio de hidráulica
Fuente: Propia

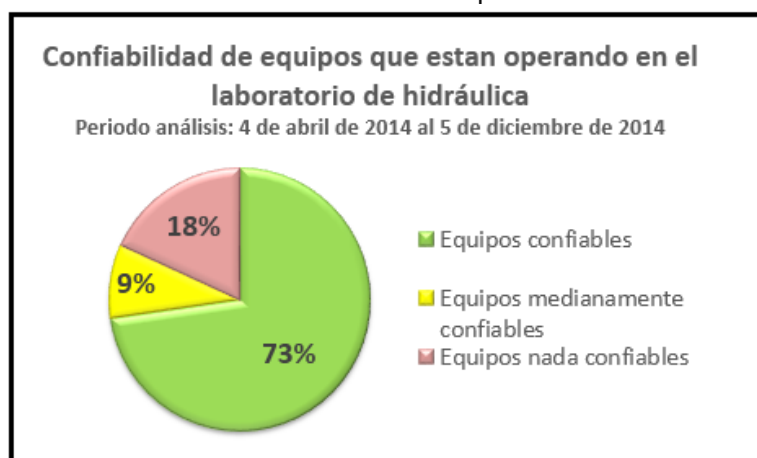
En la tabla 27 se encuentra la lista de los equipos que están operando y la se muestra el nivel de confiabilidad de cada uno de los equipos. Y en la gráfica 11 se muestra que el 73% de equipos en operación son catalogados como confiables, el 9% de equipos es catalogado como medianamente confiable y por último el 18% restante son equipos que están en operación que son catalogados como nada confiables.

Tabla 27. Confiabilidad de equipos que están operando en el laboratorio de hidráulica.



NOMBRE DEL EQUIPO	ESTADO DEL EQUIPO	% ERROR RELATIVO DE CADA UNA DE LAS	NIVEL DE CONFIABILIDAD
Canal Hidráulico	Operando	6%	Muy confiable
Impacto de Chorro	Operando	9%	Muy confiable
Determinación de Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Trayectoria de un Chorro y Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Venturimetro	Operando	6%	Muy confiable
Medición de Flujo	Operando	11%	Muy confiable
Calibrador de Manómetro	Operando	8%	Muy confiable
Centro de Presión	Operando	1%	Muy confiable
Pérdidas por Fricción	Operando	16%	Medianamente confiable
Turbina Pelton	Operando	100%	Nada confiable
Pérdidas en Sistema de Tuberías	Operando	40%	Nada confiable

Fuente: Propia



Gráfica 9. Confiabilidad equipos que están operando del laboratorio de hidráulica

Fuente: Propia

8.4 FORMULARIO DEL INVENTARIO E INSTRUCTIVO DE DILIGENCIAMIENTO

A continuación se explica la forma correcta de diligenciar el formato diseñado para la realización del inventario físico y la verificación del estado de los equipos del laboratorio de hidráulica.

En la gráfica 4 se encuentra el formulario que deberá ser llenado para cada uno de los equipos, este formulario fue adaptado del formulario utilizado por la universidad, no se encontró ningún problema por parte del coordinador de los laboratorios en el uso de este formato, anotando que el uso de este



formulario es de uso libre en los inventarios realizados dentro de la Universidad.



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO (4)	NAME OF EQUIPMENT (2)		
	SERIAL (3)		
NOMBRE DEL EQUIPO (4)	STIKER INVENTARIO (5)	SI ____ NO ____	No.
	MODELO (6)		
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA (7)		FECHA DE ADQUISICIÓN (8)	
VALOR COMPRA (9)		TIEMPO DE GARANTÍA (10)	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA (11)		CIUDAD (12)	
VENDEDOR (13)		DIRECCIÓN (14)	
TELÉFONO (15)		E-MAIL (16)	
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO (17)			
ESTADO DEL EQUIPO (18)			
REGISTRO FOTOGRÁFICO (19)			
REALIZADO POR: _____ (20)		APROVADO POR: _____ (21)	
FECHA: _____		FECHA: _____	

Gráfica 10. Formato utilizado para levantamiento inventario de hidráulica.
Fuente: Adaptado del formato de inventario USTA.



1. Código de instrumento

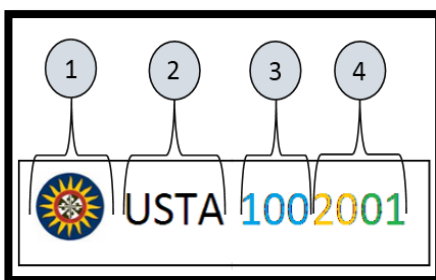
Se elaboró un sistema de identificación y codificación de los equipos, esto por medio de stickers creados con el fin de identificar a cada equipo que posee el laboratorio, dichos códigos sirven para identificar el departamento de la universidad al que pertenece este equipo, El código consta de 3 secciones las cuales son combinaciones entre letras y números, estos códigos son impresos en stickers autoadhesivos que son colocados a los equipos en un lugar visible o cerca al número erial de cada equipo. Se propuso la siguiente codificación.

- ① Logo Universidad Santo Tomás
- ② USTA: Universidad Santo Tomás
- ③ Dígito identificador para la Facultad

Se ideó un sistema para la diferenciación de activos de cada una de las ingenierías que se encuentran operando en la Universidad Santo Tomás.

Facultad	Código
• Ingeniería Civil	10020
• Ingeniería Industrial	10030
• Ingeniería Ambiental	10040
• Ingeniería de Telecomunicaciones	10050
• Ingeniería Electrónica	10060
• Ingeniería Mecánica	10070

- ④ Contador unitario, que comienza en 00 y termina en 99.



Gráfica 11. Stiker de identificación
Fuente: Propia



2. Name of equipment

En esta casilla debe colocar el nombre oficial del equipo generado por el fabricante Si el equipo es de origen extranjero debe escribir el nombre en el idioma original.

3. Serial

Cada equipo fabricado posee un serial único e irremplazable, que le sirve para el control, identificación y validación del mismo, este serial tiene información acerca de la planta donde fue ensamblado, fecha de fabricación, duración de garantía y otros datos de interés para el fabricante, por tal es importante que escriba de manera precisa y sin equívocos el serial del equipo, usualmente aparece en la marquilla de identificación del equipo en un lugar visible.

4. Nombre del equipo

Se debe colocar la tradición en castellano del nombre oficial del equipo generado por el fabricante. Tratando en todo momento de no generar mal entendidos y confusiones al momento de realizar la traducción del nombre del equipo.

5. Numero inventario

La Universidad Santo Tomás ha elaborado un sistema de identificación interna por medio de Stikers, los cuales tienen un código especial para cada bien inmueble que se encuentra al servicio de la universidad, al momento de adquisición de un nuevo equipo por parte de la universidad este es incluido dentro de los bienes inmuebles activos dentro de la universidad y es identificado con un Stiker plateado, que generalmente tiene 8 dígitos. Es importante que consigne el número del inventario correctamente para no generar cruce de información con otros equipos y bienes inmuebles que posee la universidad.

6. Modelo



Todas las empresas fabricantes de equipos e instrumentos a nivel industrial han ideado un sistema de codificación para identificar a todos los equipos fabricados en serie y que tienen las mismas características.

7. Marca

En esta casilla se coloca la empresa que fabrico el equipo, la mayoría de empresas buscan estampar el sello de la empresa en sus productos. Usualmente se escribe también las siglas de la marca fabricante el equipo, esto con el fin de economizar tiempo y espacio.

8. Fecha de Adquisición

La fecha de adquisidor es transcendental para cuestiones de fechas límite de garantía y para establecer el tiempo que ha estado en servicio el equipo.

9. Valor compra

Es el valor monetario pagado a la empresa fabricante o distribuidora a cambio de un equipo, el transporte y la garantía del mismo.

10. Tiempo de garantía

Toda empresa fabricante de equipos garantizara la calidad de los mismos durante un periodo de tiempo pactado entre el comprador y la empresa fabricante. En caso de cualquier falla en el equipo esta empresa tendrá que restaurar las propiedades iniciales del equipo. Usualmente la garantía es extendía a 2 años, después de ese límite de tiempo a empresa fabricante no se responsabilidad por los daños que sufra en equipo.

11. Empresa

Es la organización que le vendió el equipo a la universidad, directa o indirectamente. Es la encargada del soporte técnico y de la garantía de equipo.

12. Cuidad

Es la cuidad origen de la empresa que ha vendido el equipo.



13. Vendedor

Nombre del empleado de la empresa con la que se hizo la negociación de la compra de los equipos o productos adquiridos por la universidad.

14. Dirección

Dirección en donde se encuentra la empresa que vendió el equipo a la universidad.

15. Teléfono

Número telefónico de la empresa donde se pueda contactar al encargado de cotizaciones, compras, y garantías.

16. e-mail

Dirección de correo electrónico en donde se puedan intercambiar mensajes electrónicos entre la universidad y la empresa fabricante, distribuidora o importadora del equipo.

17. Características del equipo

Comenta brevemente los rasgos generales del equipo y se realiza una pequeña descripción del mismo.

18. Estado del equipo

Se mencionan las fallas físicas que posee el equipo los problemas que pudiese tener el mismo.

19. Registro fotográfico

Se tomaran algunas fotografías del equipo para tener pruebas físicas que soporten la descripción que se realizó con anterioridad.

20. Realizado por

El encargado de la realización del inventario tendrá que firmar y registrar la fecha en que se realizó el inventario.

21. Aprobado por



El director de laboratorio o el encargado del mismo, firmara este documento después de verificar que la información acá consignada, adicionalmente registrara la fecha en la cual se verificaron los datos consignados.

8.5 PLANILLA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO, REPARACIONES Y OTRAS INTERVENCIONES

En esta planilla se registran todas las intervenciones que se le realicen al equipo y servirá para mantener un dato claro acerca de todos los procedimientos que se han realizado al equipo para tenerlo en óptimas condiciones.

REGISTRO DE MANTENIMIENTO, REPARACIONES Y OTRAS INTERVENCIONES			
EMPRESA DE MANTENIMIENTO(22)		CIUDAD (23)	
ENCARGADO MANTENIMIENTO(24)		DIRECCIÓN (25)	
TELÉFONO (26)		E-MAIL (27)	
FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/CORRECTIVO	DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN	FIRMA RECIBIDO A CONFORMIDAD
(28) _/_/_/	(29)	(30)	(31)

Gráfica 12. Registro de mantenimiento.
Fuente: Propia

22. Empresa de mantenimiento

Es la organización con la que se contrató el mantenimiento o la reparación del equipo.

23. Cuidad

Es la ciudad origen de la empresa que le realiza el mantenimiento al equipo.

24 Encargado del mantenimiento

Nombre del empleado de la empresa que realiza el mantenimiento de equipos o productos adquiridos por la universidad.



25. Dirección

Dirección en donde se encuentra la empresa que le realiza el mantenimiento al equipo.

26. Teléfono

Número telefónico de la empresa donde se pueda contactar al encargado de mantenimientos.

27. e-mail

Dirección de correo electrónico en donde se puedan intercambiar mensajes electrónicos entre la universidad y empresa que le realiza el mantenimiento al equipo.

28. Fecha

Se debe registrar la fecha en la cual la empresa termino la reparación del equipo.

29. Tipo de mantenimiento

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que se realizan después de la avería (CASTRO, s.f., p29).

- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema (CASTRO, s.f., p29).

30. Descripción de la intervención

Se debe comentar brevemente los procedimientos y acciones que se le realizaron al equipo.

31. Firma recibido a conformidad



El director de laboratorio o el encargado del mismo, firmará este documento después de verificar que al equipo se encuentra en perfecto estado funcional, después de la intervención realizada por la empresa de mantenimiento.

8.6 ELABORACIÓN BASE DE DATOS

Se realizó una base de datos en una plataforma Excel, posee un directorio de equipos el cual tiene hipervínculos que llevan al desglose de un formulario digital el cual fue llenado con la información de cada uno de los equipos, el objetivo de esta base de datos es tener toda la información relevante de los equipos en un solo documento con rápido acceso.

8.6.1 EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO

La hoja de Excel está diseñada para convertir las respuestas de “sí o no” en datos numéricos que son utilizados para hacer un diagnóstico preciso e imparcial del estado del equipo y adicionalmente la hoja de datos le sugerirá el tratamiento que necesita el equipo, dicho tratamiento incluye recomendaciones de limpieza, mantenimiento preventivo o reparación. Existen tres aspectos que evalúa la hoja de Excel como lo son la funcionalidad y confiabilidad, la estética y los accesorios del equipo.



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	(32)
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	(33)
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	(34)
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	(35)
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	(36)
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	(37)
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	(38)
¿El equipo presenta deterioro por uso?	(39)
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	(40)
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	(41)

Gráfica 13. Formato de la evaluación integral del equipo.

Fuente: Propia

8.6.1.1 FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD

Este aspecto es el más relevante, ya que el objetivo principal de este documento es establecer cuantos de los equipos del laboratorio funcionan adecuadamente y conocer el grado de confiabilidad de dichos equipos.

32. ¿El equipo funciona actualmente?

El equipo funciona si desempeña la función para la cual fue diseñada y construida.

33. ¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables?

Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20%, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.

34. ¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?



Los registros de calibración son certificados expedidos por un profesional o grupo de profesionales, que han comparado los datos obtenidos por el equipo bajo condiciones específicas y controladas con los datos registrados con un patrón ya conocido, luego de esto establece la validez y la confianza de los datos registrados por el equipo.

35. ¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?

El equipo puede presentar daños como grietas, fisuras, hendiduras o cualquier desperfecto que pueda ocasionar pérdidas considerables de fluidos en dado caso usted deberá responder “sí” a esta pregunta.

36. ¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds?

La mayoría de los equipos poseen un dispositivo de admisión de aire que presuriza a los equipo, estos dispositivo es llamado manifold, dicho dispositivo puede presentar pérdidas de aire ocasionado que el equipo no funcione adecuadamente, en dado caso usted deberá responder que “sí” existen pérdidas de carga a través del manifold. En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

8.6.1.2 ESTÉTICA

Dentro de una evaluación integral del equipo se tomó en cuenta el factor estético, en el cual se valora la presentación visual del equipo y la percepción de limpieza del mismo. Aunque este ítem no es cuantificable se intenta establecer un estándar para evaluar a todos los equipos de la misma manera.

37. ¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?

Muchos equipos se ensucian, se manchan o se contaminan por el simple hecho de usarlos. Algunos de los equipos utilizan tintas y otros elementos como mercurio pueden ocasionar manchas en los equipos, estas manchas restan puntos en la presentación visual de los equipos, generando una percepción de suciedad y desidia en los equipos de laboratorio, por tal razón es importante que usted especifique la presencia de estas manchas con el fin de remediar este impase por medio de la limpieza y desinfección de estos equipos afectados.



38. ¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?

El uso de tintas y otros elementos químicos pueden hacer que las marquillas de identificación de los equipos se deterioren y se pierda valor estético del equipo, además que dificulta la plena identificación del equipo.

39. ¿EL equipo presenta deterioro por uso?

Se define el deterioro por uso como la pérdida de calidad de algunas de las características iniciales del equipo. La pérdida o daño de elementos por el simple hecho de la utilización cotidiana que puedan generar error en las lecturas registradas por el equipo son también consideradas como deterioro por uso.

8.6.1.3 ACCESORIOS

Un accesorio es un complemento que es compatible y necesario dentro de un sistema determinado, tal accesorio tiene una tarea determinada y puede que sea indispensable o no para que el sistema funcione adecuadamente. Se realizaron dos preguntas acerca de los accesorios para establecer que equipos cuentan con la totalidad de sus accesorios.

40. ¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?

Se definirá accesorio como la pieza, fragmento o herramienta que es esencial para una cosa o una máquina pero no constituye su cuerpo central y puede sustituirse.

41. ¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo?

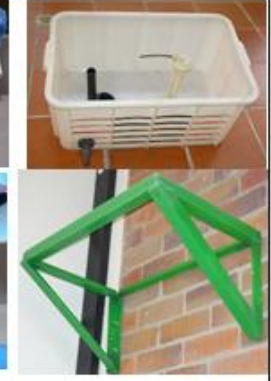
En consecuencia de la pérdida o daño de los accesorios de algunos equipos del laboratorio de hidráulica se han utilizados los accesorios de otros equipos, un claro ejemplo de esto son las bombas de aire, mangueras, abrazaderas, racores y otros accesorios que son sustraídos de sus equipos nativos para el uso de otros.



8.7 RECOPIRAR, ORGANIZAR Y CLASIFICAR LA INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS

Se digitalizaron los datos de los equipos a medida que se fue recolectando la información. A continuación se mostraran los formatos de inventario de los 19 equipos que se hallaron, adicionalmente se encuentra la evaluación integral de cada equipo y la matriz automatizada de equipos, esta última es de gran relevancia opuesto es la transformación numérica de las respuestas a las preguntas de la evaluación integral y estos dato serán útiles para la clasificación de cada equipo.



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Hydraulic Ram Pump	
<u>1002001</u>	SERIAL	R 1698/1	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10012816
Bomba de Ariete	MODELO	H31	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
Utiliza el golpe de ariete para bombear agua.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*El tanque recolector se encuentra en un sitio no apto para este, ya que fue bajado de un compartimiento a 2 metros de altura en el que se encontraba.			
*No funciona adecuadamente, ya que no bombea agua al tanque de llegada.			
*Al aparato le hace falta un soporte de nivelación.			
*No se encontraron mangueras de un tamaño adecuado para el uso del equipo.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			
  			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 25/04/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



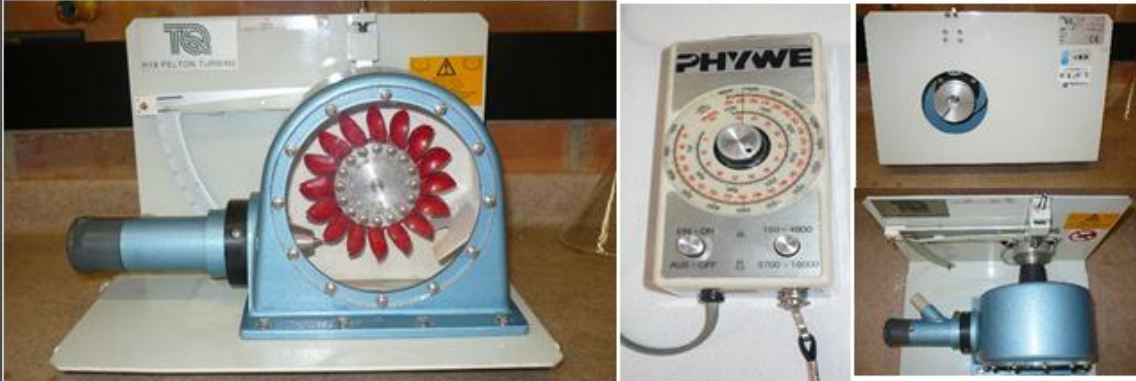
EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	1
	0	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	2
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		5



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Pelton Turbine	
<u>1002002</u>	SERIAL	Q1554/2	
NOMBRE DEL EQUIPO Turbina Pelton	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10012815
	MODELO	H19	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
Demuestra el desempeño de una turbina Pelton, posee una ventana transparente, ajuste manual de la válvula de aguja que controla el chorro que golpea a los alabes.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*Se recomienda la instalación de un manómetro a la entrada del aparato, debido a que esta información es útil a la hora de la realización de la practica en cuanto el calculo de la potencia.			
*El quipo presenta fugas de fluido en la parte baja, en donde se conecta el aparato al soporte de apoyo.			
*El cordón de fricción se encuentra desgastado, se recomienda su remplazo por uno nuevo.			
*El estroboscopio se encuentra en perfecto estado.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 29/04/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	2
	0	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	2
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		6



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Vortex Apparatus	
<u>1002003</u>	SERIAL	P3486/3	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 100012813
Vórtice	NO. EQUIPO	H13	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
Estudia los fenómenos de vórtices libres y fijos, tiene un recipiente transparente en donde se pueden ver los vórtices desde todos los ángulos e incluye una sonda transversal para medir el perfil de la superficie del agua.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*El aparato no funciona, la correa de alimentación se encuentra dañada y el motor no tiene suficiente fuerza para que el tambor se mueva.			
*La sonda transversal no fue encontrada durante el inventario, se recomienda recuperación o compra.			
*Los cables internos del enchufe del aparato esta expuestos, existe riesgo de corto circuito.			
*Los cables de alimentación del motor no son adecuados para este equipo.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 30/04/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	2
	0	
	0	
	1	
	1	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		5



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Volumetric Hydraulic Bench	
1002004	SERIAL	071166/9	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10012793
Banco Hidráulico Volumétrico	MODELO	H1D	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
*Es un sistema preciso de medición volumétrica, la parte superior del tanque proporciona la superficie de trabajo en donde se pueden instalar la mayoría de instrumentos TQ.			
*Se puede usar la válvula de control para regular la bomba y así ajustar el caudal.			
*Dimensiones: 1,20 m x 0,76 m x 1,10 m; Capacidad del tanque volumétrico: 35 litros			
*Control de caudal de: 0 a 1 L/s			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Se encuentra que las mangueras de banco hidráulico están machadas y cristalizadas.			
*Los empaques del fondo del banco se encuentran rotos, lo que genera fugas y malas lecturas de caudal.			
*Se recomienda cambio de empaques, mangueras y compra de abrazaderas.			
*Se recomienda tablero de protección para el sistema eléctrico, ya que se encuentra expuesto el sistema eléctrico del aparato.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 2/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	1
	0	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		4



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Reynolds Number and Transitional Flow	
<u>1002005</u>	SERIAL	Q8265/4	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10012820
Numero de Reynolds	MODELO	H215	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
El equipo ofrece una demostración visual de flujo laminar y turbulento, utiliza el sistema de inyección de tinte para mostrar patrones de flujo, posee un tubo y cubierta de color claro para ayudar a la visualización de flujo.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*El equipo no funciona, el vaso principal se encuentra roto y el equipo esta desmantelado.			
*El tubo de vidrio se encuentra manchado y se dificulta observar el fenómeno.			
*No se tienen las tintas necesarias para la realización de la practica.			
*Se recomienda cambio de mangueras de suministro, ya que se encuentran cristalizadas y manchadas.			
*El aparato se encuentra manchado, presentando mala presentación visual.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			
    			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 2/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	no
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	1
	0	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	0	1
	1	
Total		3



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Losses in Piping Systems	
<u>1002006</u>	SERIAL	R1622/4	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10012814
Pérdidas en sistema de tuberías	NO. EQUIPO	H16	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
*Equipo útil para determinar los valores de las pérdidas para un sistema de tuberías por medio del factor de fricción y el número de Reynolds.			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Se evidencia pérdidas de agua en algunos sectores del montaje.			
*Se recomienda cambio de mangueras, válvulas y revisar algunos manómetros que no se encuentran en óptimas condiciones, lo que ocasiona pérdida de presión del aparato.			
*El mercurio con que cuenta el aparato no es suficiente, se recomienda recarga de mercurio.			
*Las válvulas de compuerta y de globo están averiadas, se recomienda cambio.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 5/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	si
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	1
	0	
	0	
	0	
	0	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		4



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Metre Flow Channel	
<u>1002007</u>	SERIAL	Q4489/1	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10004071
Canal Hidráulico	MODELO	H12	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Se puede realizar experimento flujo libre, compuertas y vertederos.			
Suministro eléctrico: Monofásico			
Superficie ocupada: 5,5 m x 1 m			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Hacen falta las diferentes compuertas, vertedero de cresta afilada y el vertedero de cresta ancha, que son montajes básicos de este equipo. Se recomienda compra de accesorios faltantes.			
*Se recomienda mantenimiento bombas, cambio de agua y limpieza del canal.			
*Se recomienda cambio del tubo PVC, ya que se encuentra roto.			
*Se recomienda revisión y reparación de fugas a lo largo de todo el canal.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 7/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	no
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	0	2
	1	
	1	
ACCESORIOS	0	1
	1	
Total		6



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Friction Loss in a Pipe	
<u>1002008</u>	SERIAL	Q3525/7	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10005368
Pérdidas por fricción	MODELO	H7/7A	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
Permite la medición directa de la pérdida por fricción en un tubo horizontal de calibre pequeño, muestra el número de Reynolds crítico y verifica la ecuación de Poiseuille para el flujo laminar.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*Se evidencia perdidas de agua en algunos sectores del montaje.			
*Se recomienda cambio de mangueras, ya que están sucias y cristalizadas.			
*El mercurio con que cuenta el aparato no es suficiente, se recomienda recarga de mercurio.			
*Se recomienda compra de bomba de aire.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 7/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS HIDRÁULICA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Series and Parallel Pump Test Set	
1002009	SERIAL	08752/3	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10012817
Bombas en serie y en paralelo	MODELO	H32	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
*Muestra el rendimiento de las bombas en serie y en paralelo, incluye manómetro para medir la presión de suministro.			
*Superficie necesaria: 1 m x 1 m (además de espacio para el banco hidráulico)			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Existen fugas considerables por los empaques de las carcasas de las bombas.			
*Se recomienda cambio de mangueras de suministro y salida.			
*El manómetro no funciona adecuadamente, se recomienda calibración.			
*El diagrama de funcionamiento se encuentra borroso, se recomienda nueva grafica.			
*Se recomienda compra de abrazaderas.			
*El equipo no funciona, existen demasiadas fugas, se recomienda reparación.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 8/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



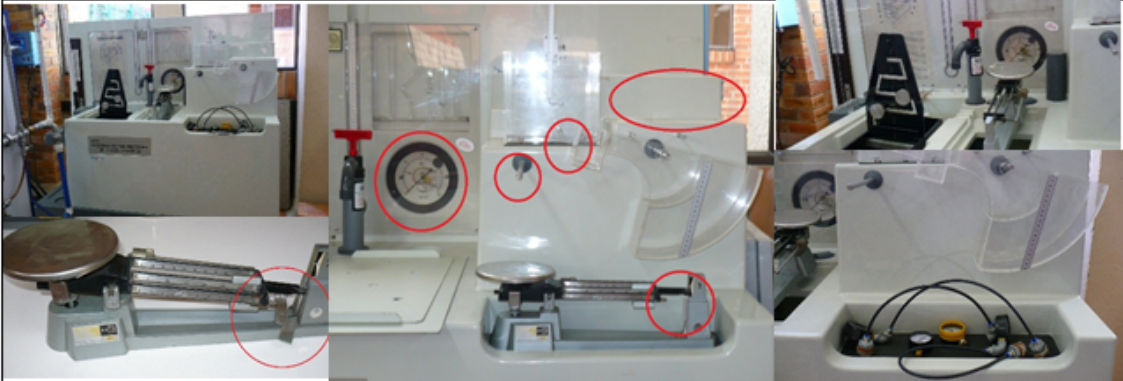
EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	1
	0	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	2
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		5



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Hydrostatics and Properties of Fluids	
<u>1002010</u>	SERIAL	Q6827/5	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10012821
Banco Hidrostático	MODELO	H314	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Determinación de las propiedades del fluido incluyendo la densidad, la gravedad específica, la tensión superficial y la viscosidad, Demostración de principios hidrostáticas, incluyendo la ley de Pascal, el principio de Arquímedes y la determinación de la presión en un punto de un fluido.			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Hacen falta la mayoría de accesorios del banco, se recomienda compra total de accesorios.			
*Los manómetros del banco se encuentran desconectados y están en desuso.			
*la balanza análoga no funciona, se recomienda adquisición de una nueva.			
*Los densímetros (3 unidades) y termómetro (1 unidad) están en perfecto estado.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 9/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	no
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	si

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	2
	0	
	0	
	1	
	1	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	0	0
	0	
Total		5



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Impact of a Jet	
<u>1002011</u>	SERIAL	Q5310/10	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10005378
Impacto de Chorro	MODELO	H8	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Demuestra la fuerza generada por un chorro de al chocar con una placa (en representación de las paletas de la turbina) , Incluye una placa plana y una hemisférica.			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Se recomienda prueba de hermetismo del aparato, se recomienda cambio de empaques.			
*Se recomienda compra de abrazaderas.			
*El quipo funciona adecuadamente, se recomienda mantenimiento preventivo para su conservación.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
 			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 12/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Jet Trajectory and Flow Through an Orifice	
<u>1002012</u>	SERIAL	Q4298/6	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10003565
Determinación de flujo	MODELO	H4	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Muestra el flujo a través de diferentes orificios para diferentes caudales, permite la medición directa de la carga total, la pérdida de carga y el diámetro del chorro. Posee tubo de Pitot, Juegos de orificios intercambiables adicionales disponibles (H4a).			
ESTADO DEL EQUIPO			
*El micrómetro se encuentra dañado, no se mueve a acorde a la cantidad de giros realizados.			
*Se recomienda que se conecte la manguera que lleva al manómetro ya que se encuentra suelta.			
*Se recomienda prueba de hermetismo del aparato, se recomienda cambio de empaques.			
*Se recomienda compra de abrazaderas.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenas Moreno
FECHA: 14/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	4
	1	
	0	
	1	
	1	
ESTÉTICA	0	2
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA					
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS			
		CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Flow Through an Orifice	
		<u>1002013</u>	SERIAL	Q1237/3	
NOMBRE DEL EQUIPO		STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10012818	
Trayectoria de un chorro y flujo		MODELO	H33		
DATOS DEL EQUIPO					
MARCA	TecQuipment Ltd		FECHA DE ADQUISICIÓN		
VALOR COMPRA			TIEMPO DE GARANTÍA		
DATOS DE SUMINISTRO					
EMPRESA	TecQuipment Ltd		CIUDAD	England-United Kingdom	
VENDEDOR	TecQuipment Ltd		DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN	
TELÉFONO	6587107		E-MAIL	sales@tecquipment.com	
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO					
*Muestra el flujo vertical y trayectoria de chorro horizontal a través de diferentes orificios.					
*Muestra la medición directa de la altura total, la pérdida de carga y el diámetro del chorro.					
ESTADO DEL EQUIPO					
*Se recomienda que se conecte la manguera que lleva al manómetro ya que se encuentra suelta.					
*Se recomienda prueba de hermetismo del aparato, se recomienda cambio de empaques.					
*Se recomienda compra de abrazaderas.					
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 14/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Pipework Energy Losses	
1002014	SERIAL	Q4081/4	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10012819
Perdidas de energía en tubería	MODELO	H34	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
*Establecer las pérdidas de carga ocasionados por diferentes accesorios utilizados frecuentemente en sistemas de tuberías.			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Se evidencio una fuga de agua en la manguera numero 2 del montaje.			
*Se recomienda cambio de mangueras.			
*Se recomienda comprar bomba de aire, ya que no se encontró.			
*El manifold tiene perdidas de aire, no mantiene la presión de trabajo del equipo.			
*El equipo no funciona, se ha extraviado el racor que conecta la tubería con la manguera del manómetro.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
   			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 16/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	si
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	0
	0	
	0	
	0	
	0	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		5



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Venturi Meter	
<u>1002016</u>	SERIAL	Q3095/9	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10005367
Venturimetro	NO. EQUIPO	H5	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Permite a los estudiantes ver y medir la distribución completa de carga estática a lo largo de un tubo de Venturi horizontal, permite tomas de presión a lo largo del tubo.			
Material del tubo: Aluminio; manómetros: 11; Escala del manómetro: Milímetros			
Diámetro interior de la entrada del Venturi: 26 mm; Diámetro interior de la garganta Venturi: 16 mm			
Diámetro interior de salida de Venturi: 26 mm			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Se recomienda cambio de mangueras.			
*Se recomienda comprar bomba de aire, ya que el montaje no cuenta con una propia.			
*El manifold tiene perdidas de aire, no mantiene la presión de trabajo del equipo.			
*Se recomienda cambio o reparación del manifold.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 16/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	si
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	1	
	0	
ESTÉTICA	0	2
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		7



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Flow measurement	
<u>1002017</u>	SERIAL	Q7702/3	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 10001257
Medición de flujo	MODELO	H10	
<u>DATOS DEL EQUIPO</u>			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
<u>DATOS DE SUMINISTRO</u>			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
<u>CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO</u>			
Muestra métodos típicos de medir el flujo de un fluido incompresible, y demuestra las aplicaciones de la ecuación de Bernoulli; Incluye Venturímetro, placa orificio y rotámetro, sirve para la medición directa de la pérdida de carga y tres medidores de flujo diferentes que trabajan con la ecuación de Bernoulli.			
<u>ESTADO DEL EQUIPO</u>			
*La primera manguera de izquierda a derecha sin racor, la válvula se encuentra dañada.			
*Se evidencia que no funciona debidamente, se recomienda cambio de mangueras, se encuentran cristalizadas, sucias y algunas presentan fugas.			
<u>REGISTRO FOTOGRÁFICO</u>			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 19/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendara reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	0	2
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		7



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Calibration of a Pressure Gauge	
<u>1002018</u>	SERIAL	Q8514/1	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10005346
Calibrador de Manómetro	MODELO	H3a	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
No se encuentra la marquilla de identificación, se recupera el serial de un inventario anterior.			
Q8514/1 (inventario anterior)			
Dimensiones: 0,47 m x 0,42 x 0,27 m; Posee: Cuatro pesos de 1 kg, un peso de 0,5 kg			
Escala del medidor: Graduado en 0 a 200 kN.m-2 en 10 kN.m-2			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Presenta pequeñas pérdidas de fluido, en la zona del pistón y debajo del indicador de presión.			
*Se recomienda calibración y sellado de las zonas en donde se presentan fugas.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 22/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



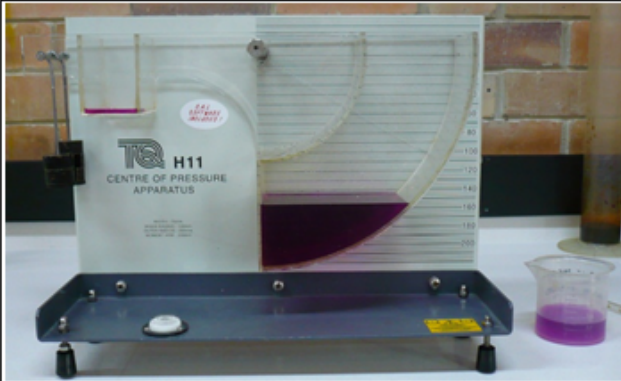
EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	si
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	3
	1	
	0	
	0	
	1	
ESTÉTICA	1	3
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	Centre of Pressure	
<u>2002019</u>	SERIAL	Q7831/2	
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI <u>X</u> NO <u> </u>	No. 10001557
Centro de presión	MODELO	H11	
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	TecQuipment Ltd	ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA	TecQuipment Ltd	CIUDAD	England-United Kingdom
VENDEDOR	TecQuipment Ltd	DIRECCIÓN	Bonsall Street, Long Eaton, NG10 2AN
TELÉFONO	6587107	E-MAIL	sales@tecquipment.com
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
Sirve para encontrar el centro de la presión de una superficie plana en su totalidad o parcialmente sumergido, está construido con una cubierta transparente, incluye una función de nivel de burbuja y patas niveladoras ajustables.			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Equipo en buen estado, se recomienda sección de limpieza.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 23/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	si
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿EL equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.
(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	4
	1	
	0	
	1	
	1	
ESTÉTICA	0	2
	1	
	1	
ACCESORIOS	1	2
	1	
Total		8



FORMATO INVENTARIO LABORATORIO DE HIDRÁULICA			
		LABORATORIOS DE INGENIERÍAS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT		
<u>1002023</u>	SERIAL		
NOMBRE DEL EQUIPO	STIKER INVENTARIO	SI ☒ NO ☐	No. 1005366
Viscosímetro	NO. EQUIPO		
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	Brookfield	FECHA DE ADQUISICIÓN	
VALOR COMPRA		TIEMPO DE GARANTÍA	
DATOS DE SUMINISTRO			
EMPRESA		CIUDAD	
VENDEDOR		DIRECCIÓN	
TELÉFONO		E-MAIL	
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
ESTADO DEL EQUIPO			
*Hacen falta algunas de las agujas del equipo, la perilla de velocidades se encuentra dañada, lo que impide que el viscosímetro funcione.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			

REALIZADO POR: Alejandro Barcenás Moreno
FECHA: 28/05/2014

APROVADO POR: _____
FECHA: _____



EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	Respuesta (Si/No)
¿El equipo funciona actualmente?	no
¿Los registros obtenidos con el equipo son confiables? (*)	no
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que produzcan pérdida de fluido?	no
¿Existen pérdidas de carga a través de los manifolds? (**)	no
ESTÉTICA	Respuesta (Si/No)
¿El equipo presenta manchas por oxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas de identificación del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	si
ACCESORIOS	Respuesta (Si/No)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	no
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados, o son usados con otro equipo? (Eje: Bombas, abrazaderas).	no

(*) Tenga en cuenta que si el equipo no funciona no puede ser confiable. Definimos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20 %, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomendará reparación de equipo.

(**) En caso de que el equipo no utilice manifolds responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	0	2
	0	
	0	
	1	
	1	
ESTÉTICA	1	2
	1	
	0	
ACCESORIOS	0	1
	1	
Total		5



8.8 ESTADO FÍSICO Y FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

Se verificó el estado funcional de todos los equipos del laboratorio, los resultados se encuentran consignados en la tabla 28 en donde aparecen los equipos que están operando y los que no funciona, cabe recalcar que este análisis comprende el periodo de tiempo entre 4 de abril del 2014 al 5 de diciembre del mismo año.

Tabla 28. Estado de los equipos del laboratorio de hidráulica.

CÓDIGO INVENTARIO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL	CÓDIGO DE ACTIVO	ESTADO DEL EQUIPO
1002002	Turbina Pelton	TecQuipment Ltd	H19	Q1554/2	10012815	Operando
1002006	Pérdidas en Sistema de Tuberías	TecQuipment Ltd	H16	R1622/4	10012814	Operando
1002007	Canal Hidráulico	TecQuipment Ltd	H12	Q4489/1	10004071	Operando
1002008	Perdidas por Fricción	TecQuipment Ltd	H7/7A	Q3525/7	10005368	Operando
1002011	Impacto de Chorro	TecQuipment Ltd	H8	Q5310/10	10005378	Operando
1002012	Determinación de Flujo	TecQuipment Ltd	H4	Q4298/6	10003565	Operando
1002013	Trayectoria de un Chorro y Flujo	TecQuipment Ltd	H33	Q1237/3	10012818	Operando
1002016	Venturímetro	TecQuipment Ltd	H5	Q3095/9	10005367	Operando
1002017	Medición de Flujo	TecQuipment Ltd.	H10	Q7702/3	10001257	Operando
1002018	Calibrador de Manómetro	TecQuipment Ltd	H3a	Q58514/1	10005346	Operando
1002019	Centro de Presión	TecQuipment Ltd	H11	Q7831/2	10001557	Operando
1002001	Bomba de Ariete	TecQuipment Ltd	H31	R1698/1	10012816	No funciona
1002003	Vórtice	TecQuipment Ltd	H13	P3486/3	10012813	No funciona
1002004	Banco Hidráulico Volumétrico	TecQuipment Ltd	H1D	071166/9	10012793	No funciona
1002005	Numero de Reynolds	TecQuipment Ltd	H215	Q8265/4	10012820	No funciona
1002009	Bombas en Serie y en Paralelo	TecQuipment Ltd	H32	Q8752/3	10012817	No funciona
1002010	Banco Hidrostático	TecQuipment Ltd	H314	Q6827/5	10012821	No funciona
1002014	Perdidas de Energía en Tubería	TecQuipment Ltd	H34	Q4081/4	10012819	No funciona
1002023	Viscosímetro	Brookfield	---	103899	---	No funciona

Fuente: Propia



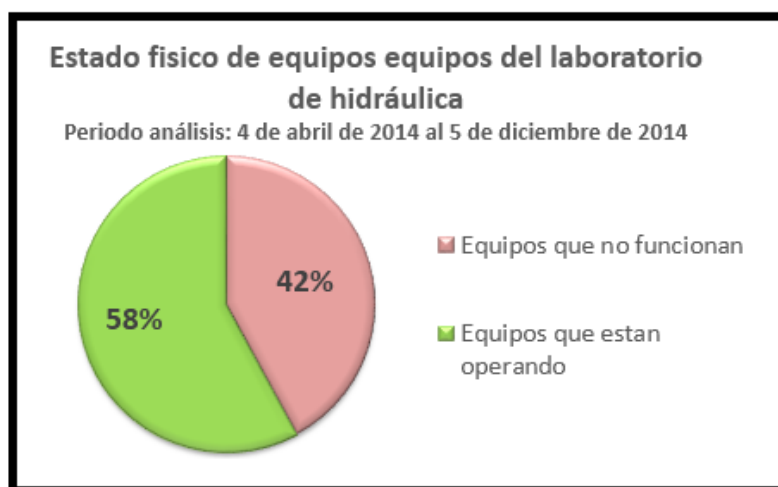
En la tabla 29 se y en la gráfica 16 se muestran los resultados obtenidos después de la realización del inventario, se evidencia que el 58% de equipos están operando y que el restante 42% de equipos no están funcionando, este resultado pobre, esto refleja que el laboratorio se encuentra en un estado crítico y es necesario la intervención por parte de la universidad para superar este impase.

Se destaca que los más perjudicados son los estudiantes, puesto que no obtendrán un servicio de calidad por parte de la universidad, debido a que no pueden realizar la mayoría de prácticas propuestas y consignadas en el syllabus de cada una de las asignaturas del área de hidráulica.

Tabla 29. Porcentaje de equipos que no funcionan y porcentaje de equipos operando

Estado de los equipos	Numero de equipos	% de equipos
Equipos que no funcionan	8	42%
Equipos que estan operando	11	58%

Fuente: Propia



Gráfica 14. Porcentaje de equipos operando y equipos no funcionales.

Fuente: Propia

Respondiendo a las preguntas consignadas en el formulario de “EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO” con la que cuenta cada una de las hojas de vida, se obtienen datos que alimentan a la matriz automatizada, esta



matriz convierte las respuestas positivas y negativas a valores numéricos, estos valores numéricos son analizados dentro de unas escalas, las cuales sirven para clasificar al equipo en diferentes grupos.

La matriz automatizada evalúa 3 parámetros inherentes a los equipos. Se evaluó la funcionalidad, la confiabilidad del equipo, los accesorios y la estética. Cada uno de estos parámetros posee diferentes porcentajes dentro del análisis, se distribuyeron estos porcentajes según la importancia de cada parámetro. Se le proporcionó un porcentaje más alto al parámetro de la funcionalidad, puesto que es el más relevante en la evaluación de los equipos. Se le asignó un porcentaje del 60% a parámetro de funcionalidad, ya que de que sirve tener un equipo limpio y con todos los accesorios, si no se obtienen datos confiables y coherentes del mismo.

Otro parámetro que se tuvo en cuenta fue el de la estética, en este parámetro se analizaron factores como la limpieza, la legibilidad de las marquillas de identificación y el posible deterioro por uso, a este parámetro se le asignó un porcentaje del 20%.

Por último se evaluó el parámetro concerniente a los accesorios del equipo, también se le asignó un porcentaje del 20%, puesto que si un equipo que no cuenta con todos los accesorios, este equipo no puede ofrecer toda la gama de prácticas y actividades que se podrían tener con un equipo completo. En la tabla 30 se consignan los parámetros analizados y su correspondiente porcentaje de importancia.

Tabla 30. Porcentaje de importancia en el análisis de cada equipo

PARÁMETRO	PORCENTAJE
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	60%
ACCESORIOS	20%
ESTÉTICA	20%

Fuente: Propia



8.8.1 TIPO DE DAÑO SUFRIDO POR LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

Se consideró el estado integral de cada equipo y se diseñó una escala, en la cual se analiza los diferentes niveles de daño que puede sufrir un equipo, se definió el daño como el maltrato en el equipo causado por un golpe, caída, sobrepresión, uso indebido o cualquier perjuicio causado al equipo intencional o accidentalmente, con la cual el equipo pierde propiedades como la confiabilidad, trazabilidad, estado físico (limpieza) y otras características intereses a los equipos de medición.

8.8.1.1 Sin daño

El equipo no presenta ningún daño, presenta completas todas las características de fábrica, no está sucio y no muestra ningún problema en los datos obtenidos por el mismo. El equipo será clasificado en este grupo si supera una puntuación de 4.0 en la escala obtenida al llenar el formulario de “EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO”, con la cual se obtienen los valores numéricos de 1 a 5, en la tabla 31 se consignan los tipos de daños y sus respectivos valores.

8.8.1.2 Daño Leve

Lesión tenue e insignificante que no compromete la calidad del equipo. Daño que no implica pérdida considerable de las características de fábrica y que no compromete la calidad de los datos obtenidos con este equipo. En la escala de daños se sitúan los equipos que tengan puntaje de 3.2 a 3.99.

8.8.1.3 Daño moderado

Daño que por su magnitud ocasiona lecturas erróneas en los registros obtenidos por el equipo, el equipo presenta daño físico como fisuras, abolladuras, falta de aditamentos importantes o golpes que generen lecturas erradas o comportamientos no continuos de los fenómenos estudiados.



8.8.1.4 Daños graves

Pérdida total del equipo, el equipo se clasificará en este grupo cuando existe una falla total del equipo por mala manipulación o por desperfecto del mismo. En el análisis todos los equipos que se encuentren por debajo de 2.0 en la escala de la evaluación integral del equipo serán clasificados con daños graves y se recomendara mantenimiento correctivo inmediato.

Tabla 31. Tipos de daños y su puntaje

TIPO DE DAÑO	PUNTAJE
Sin daño	>4,0
Daños leves	3,2 a 3,99
Daños moderados	2,1 a 3,19
Daños graves	<2,0

Fuente: Propia

En la tabla 32 se muestra la lista de equipos del laboratorio y su respectivo el tipo de daño, se encuentran 3 columnas que poseen la evolución numérica de las características como funcionalidad, estética y accesorios, los valores aquí consignados se obtuvieron después de la transformación de las respuestas del formulario de “EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO”, la plataforma Excel fue programada para transformar las respuestas de si o no a valores numéricos, cada grupo de preguntas del formulario está diseñado para evaluar aspectos específicos de cada equipo. Estos puntajes son multiplicados por el porcentaje de importancia consignado en la tabla 30, la suma de estos valores está consignada en la columna llamada valoración del aparato, con la cual se hace la clasificación del equipo según el rango de puntuación mostrado en la tabla 31, con la cual se clasificara el equipo según el tipo de daño.

En la tabla 32 se observa que solamente 2 equipos se encuentran sin daño alguno, estos equipos son centro de presión y el equipo de determinación de flujo, estos equivalen al 11% de los equipos disponibles en laboratorio de hidráulica, que aunque poseen algunos deterioros por el uso normal, poseen



las características de fábrica casi intactas y los daños que poseen no son relevantes y perceptibles.

Adicionalmente se observa que 6 equipos equivalentes al 31,58% presentan daños leves, estos equipos poseen algunas lesiones leves e insignificantes que no comprometen la calidad de los equipos. Si se hace la unión de los grupos “sin daño” y equipos con “daño leve” obtenemos que el 42%, es decir que menos de la mitad de los equipos analizados poseen daños leves.

Tabla 32. Equipos y su respectivo nivel de daño utilizando la matriz automatizada

NOMBRE DEL EQUIPO	FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	ESTÉTICA	ACCESORIOS	VALORACIÓN DEL APARATO	ESTADO DEL APARATO	TIPO DE DAÑO
Determinación de Flujo	4,0	3,3	5,0	4,1	Operando	Sin daño
Centro de Presión	4,0	3,3	5,0	4,1	Operando	Sin daño
Perdidas por Fricción	3,0	5,0	2,5	3,3	Operando	Daños leves
Impacto de Chorro	3,0	5,0	5,0	3,8	Operando	Daños leves
Trayectoria de un Chorro y Flujo	3,0	5,0	5,0	3,8	Operando	Daños leves
Venturímetro	3,0	3,3	5,0	3,5	Operando	Daños leves
Medición de Flujo	3,0	3,3	5,0	3,5	Operando	Daños leves
Calibrador de Manómetro	3,0	5,0	5,0	3,8	Operando	Daños leves
Bomba de Ariete	1,0	3,3	5,0	2,3	No funciona	Daños moderados
Turbina Pelton	2,0	3,3	5,0	2,9	Operando	Daños moderados
Vórtice	2,0	1,7	5,0	2,5	No funciona	Daños moderados
Canal Hidráulico	3,0	3,3	2,5	3,0	Operando	Daños moderados
Bombas en Serie y en Paralelo	1,0	3,3	5,0	2,3	No funciona	Daños moderados
Banco Hidrostático	2,0	5,0	0,0	2,2	No funciona	Daños moderados
Viscosímetro	2,0	3,3	2,5	2,4	No funciona	Daños moderados
Banco Hidráulico Volumétrico	1,0	1,7	5,0	1,9	No funciona	Daños graves
Número de Reynolds	1,0	1,7	2,5	1,4	No funciona	Daños graves
Pérdidas en Sistema de Tuberías	1,0	1,7	5,0	1,9	Operando	Daños graves
Pérdidas de Energía en Tubería	0,0	5,0	5,0	2,0	No funciona	Daños graves

Fuente: Propia

En la tabla 33 se observa que el 36,84% presentan daños moderados, los daños presentados por estos equipos ocasionan lecturas erróneas en los registros obtenidos, y puede que se presenten comportamientos no continuos de los fenómenos estudiados en algunos de los equipos clasificados en este grupo.



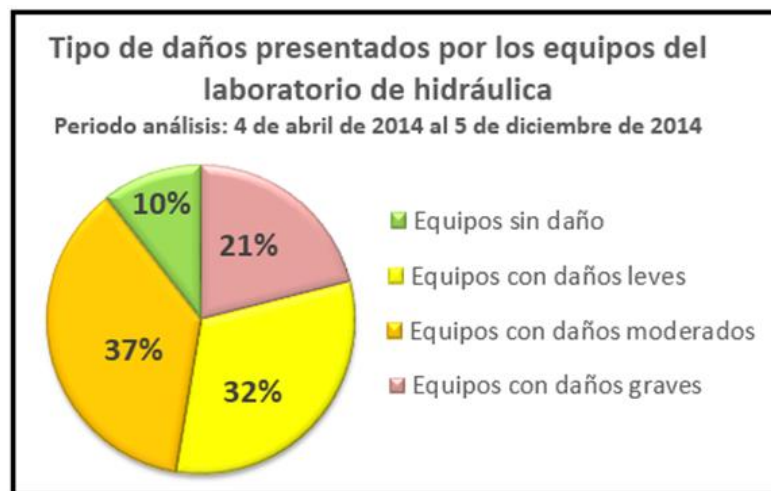
Tabla 33. Cantidad y porcentaje de equipos clasificados en cada tipo de daño

Tipos de daño	Numero de equipos	% de equipos
Equipos con daños graves	4	21,05%
Equipos con daños leves	6	31,58%
Equipos con daños moderados	7	36,84%
Equipos sin daño	2	10,53%

Fuente: Propia

El restante 21,05% de los equipos es clasificado con daños graves, estos equipos son equipos que presentan falla total, los equipos clasificados en este grupo son el banco hidrostático, el equipo número de Reynolds, pérdidas en sistema de tuberías y pérdidas de energía en tuberías; dichos presentan falla total por mala manipulación o por desperfecto del mismo, en todo caso los equipos son inservibles actualmente por la complejidad del daño presentado.

En la gráfica 17 se muestran los resultados obtenidos y se observa que aproximadamente el 58% de los equipos presenta daños moderados y graves. Es decir que más de la mitad los equipos presentan algún tipo de daño considerable y estos resultados son muy deficientes y la facultad de Ingeniería Civil tendrá que tomar cartas en el asunto para que estas cifras cambien significativamente, no solo por el compromiso de la calidad de educación, sino también para la evolución y el acercamiento para una próxima acreditación institucional, puesto que en el análisis de la acreditación institucional uno de los parámetros que se evalúan es la calidad de los servicios prestados por los laboratorios de la institución.



Gráfica 15. Tipo de daño presentado por los equipos del laboratorio de hidráulica.
Fuente: Propia

8.8.2 TIPO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO POR LOS EQUIPOS

También se clasifico los equipos según el mantenimiento requerido por cada uno de ellos, recordando que:

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que se realizan después de la avería (CASTRO, s.f., p29). En el análisis se recomienda mantenimiento correctivo a todos los equipos que están por debajo de 3,49 en la escala de la evaluación integral del equipo.

- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema (CASTRO, s.f., p29). Para el caso donde el puntaje en la escala de la evaluación integran del equipo supere 3,5 se recomendarán los procedimientos propios del mantenimiento preventivo. En la tabla 34 se muestran los tipos de mantenimiento sugerido y su respectivo puntaje de aplicación.



Tabla 34. Tipo de mantenimiento sugerido

TIPO DE MANTENIMIENTO	PUNTAJE
Mantenimiento preventivo	> 3,50
Mantenimiento correctivo	< 3,49

Fuente: Propia

En la tabla 35 se encuentran clasificados los equipos según el tipo de mantenimiento sugerido, esta clasificación se logró aplicando las condiciones de puntaje consignadas en la tabla 34, en esta tabla también se muestra la valoración numérica, el estado del aparato, el tipo de daño y por último el tipo de mantenimiento sugerido.

Tabla 35. Lista de equipos y tipo de mantenimiento sugerido

NOMBRE DEL EQUIPO	VALORACIÓN DEL APARATO	ESTADO DEL APARATO	TIPO DE DAÑO	TIPO DE MANTENIMIENTO
Impacto de Chorro	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Determinación de Flujo	4,1	Operando	Sin daño	Mantenimiento preventivo
Trayectoria de un Chorro y Flujo	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Calibrador de Manómetro	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Centro de Presión	4,1	Operando	Sin daño	Mantenimiento preventivo
Bomba de Ariete	2,3	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Turbina Pelton	2,9	Operando	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Vórtice	2,5	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Banco Hidráulico Volumétrico	1,9	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Numero de Reynolds	1,4	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Pérdidas en Sistema de Tuberías	1,9	Operando	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Canal Hidráulico	3,0	Operando	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Perdidas por Fricción	3,3	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Bombas en Serie y en Paralelo	2,3	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Banco Hidrostático	2,2	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Perdidas de Energía en Tubería	2,0	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Venturímetro	3,5	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Medición de Flujo	3,5	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Viscosímetro	2,4	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo

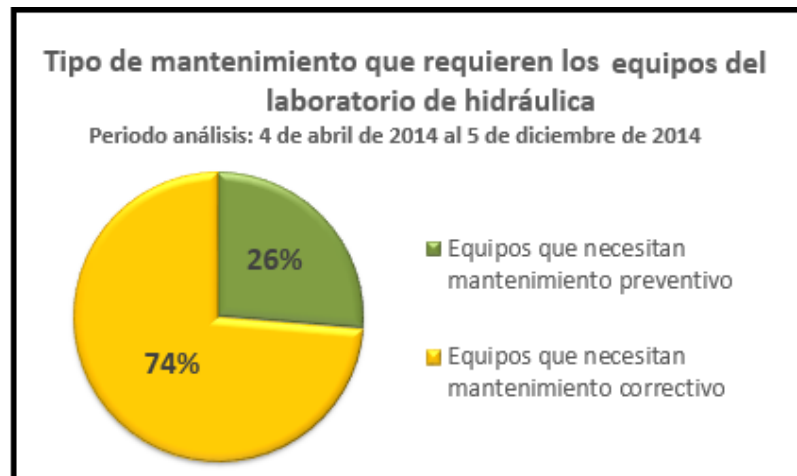
Fuente: Propia

Tabla 36. Cantidad y porcentaje de mantenimiento sugerido para los equipos de hidráulica

Tipos de mantenimiento	Numero de equipos	% de equipos
Equipos que necesitan mantenimiento preventivo	5	26%
Equipos que necesitan mantenimiento correctivo	14	74%

Fuente: Propia

En la gráfica 18 se observa que el 74% de los equipos requieren mantenimiento correctivo, es decir que se realizan este mantenimiento después del fallo o de la avería. Por otra parte se recomienda mantenimiento preventivo al restante 26% de equipos, este mantenimiento corregirá algunos pequeños problemas presentes en los equipos y garantizara una mayor vida útil de los mismos.



Gráfica 16. Tipo de mantenimiento recomendado para los equipos de hidráulica.

Fuente: Propia

8.8.3 ACCESORIOS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Adicionalmente formulario de “EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO” se utilizó para establecer de forma precisa cuales equipos no cuentan con todos los accesorios necesarios para su completo y correcto funcionamiento.

En la tabla 37 se observa la respuesta afirmativa o negativa a la pregunta realizada en la “EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO”, en la cual se consulta si el equipos posee o no sus accesorios completos. Esta respuesta es transformada a valores numéricos, con la cual la plataforma Excel genera las tablas y gráficos.



Tabla 37. Lista de equipos y la repuestas a la pregunta referente a los accesorios

NOMBRE DEL EQUIPO	¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?
Turbina Pelton	si
Vórtice	si
Banco Hidráulico Volumétrico	si
Pérdidas en Sistema de Tuberías	si
Perdidas por Fricción	si
Bombas en Serie y en Paralelo	si
Impacto de Chorro	si
Determinación de Flujo	si
Trayectoria de un Chorro y Flujo	si
Perdidas de Energía en Tubería	si
Venturímetro	si
Medición de Flujo	si
Calibrador de Manómetro	si
Centro de Presión	si
Numero de Reynolds	no
Canal Hidráulico	no
Banco Hidrostático	no
Viscosímetro	no

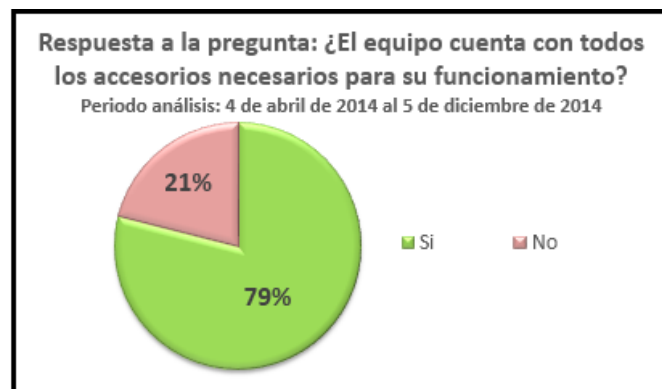
Fuente: Propia

Se observa que el 21% de los equipos no cuentan con los accesorios completos para su correcto y eficaz funcionamiento, cabe resaltar que no se tomaron en cuenta los accesorios compartidos entre equipos como bombas, abrazaderas y mangueras, aunque se recomienda la compra de 4 bombas de aire necearías para completar la demanda de las mismas por parte de los equipos que necesitan previa presurización.

Tabla 38. Cantidad y porcentaje de accesorios presentes y faltantes de los equipos del laboratorio de hidráulica

¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	Numero de equipos	% de equipos
Si	15	79%
No	4	21%

Fuente: Propia



Gráfica 17. Accesorios de los equipos del laboratorio de hidráulica.
Fuente: Propia

En la tabla 38 y la gráfica 19 se observa que el 84% de los equipos conserva aún la mayoría de sus accesorios, lo que es un resultado aceptable, pero se recomienda la reposición de los accesorios que hacen falta para completar y aumentar la gama de posibles prácticas de laboratorio que se pueden implementar en el laboratorio de hidráulica.

Uno de los equipos que presentan más problemas en sus accesorios es el banco hidrostático que tiene pérdida de elementos y muchos de los que están se encuentran rotos, deteriorados o averiados.

El canal hidráulico es otro equipo que presenta problemas con sus accesorios, hacen falta muchos accesorios que pueden simular muchos fenómenos que no se estudian por la carencia de ellos, como más tipos de vertederos, compuertas radiales, compuertas de desbordamiento, canaleta Parshall, disipadores de energía, sifones, creador de olas y funcionamiento de alcantarillas.

El viscosímetro ha perdido algunas de sus agujas con la que mide el valor de la viscosidad, es necesario completar el total de dichas agujas puesto que no se pueden medir toda la gama de viscosidades de diferentes fluidos utilizados en las prácticas de laboratorio.



8.8.4 LIMPIEZA EN LOS EQUIPOS

Por último se preguntó acerca de la presentación y limpieza de los equipos, en la tabla 39 se muestra la lista de equipos y se establece si tienen o no suciedad, no se especifica que grado de suciedad tiene el equipo, solamente se establece si este presenta o no manchas de óxido, tintes, grasa o polvo.

Tabla 39. Lista de equipos y respuesta a la pregunta acerca de la suciedad

NOMBRE DEL EQUIPO	¿El equipo presenta manchas de suciedad considerables (Óxido, tintes, grasa, polvo, etc.)?
Vórtice	si
Banco Hidráulico Volumétrico	si
Numero de Reynolds	si
Pérdidas en Sistema de Tuberías	si
Canal Hidráulico	si
Determinación de Flujo	si
Venturimetro	si
Medición de Flujo	si
Centro de Presión	si
Bomba de Ariete	no
Turbina Pelton	no
Perdidas por Fricción	no
Bombas en Serie y en Paralelo	no
Banco Hidrostático	no
Impacto de Chorro	no
Trayectoria de un Chorro y Flujo	no
Perdidas de Energía en Tubería	no
Calibrador de Manómetro	no
Viscosímetro	no

Fuente: Propia

Tabla 40. Cantidad y porcentaje de equipos clasificados según su limpieza

Limpieza de los equipos del laboratorio de hidráulica	Numero de equipos	% de equipos
Equipos que estan limpios y aseados	10	53%
Equipos que presentan manchas de suciedad	9	47%

Fuente: Propia

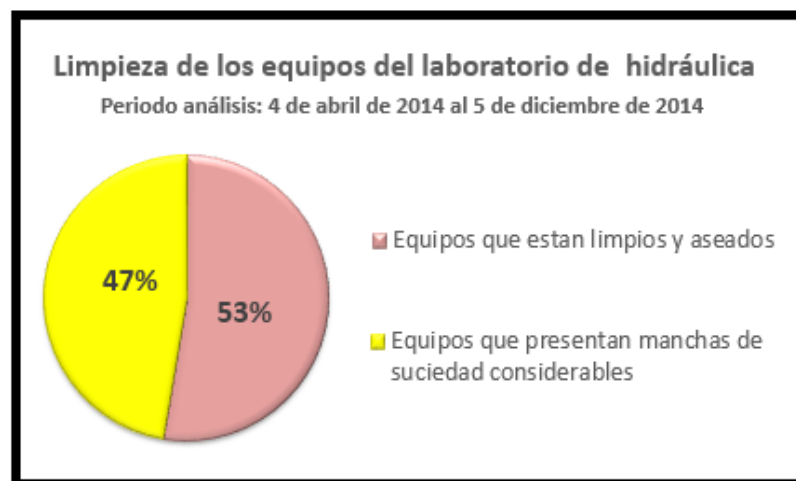
En la gráfica 20 se observa que el 47% de los equipos presenta alguna clase de suciedad, se recomienda limpieza de todos los equipos que se encuentren en esta condición, estos equipos con mala presentación generan



una percepción descuido y desaseo al interior del laboratorio. Muchas de las manchas de suciedad es originada por el uso normal de los equipos, ya se usan tintes y otros elementos que afectan las superficies de los equipos.

Durante la inspección de los equipos se encontró que el más afectado por manchas fue el equipo de determinación del número de Reynolds, este posee un serio problema de manchas y suciedad, se recomienda limpieza y desinfección prioritaria para este equipo.

Se requiere que se realicen tareas de limpieza y desinfección a los equipos con una regularidad de 1 veces por año, con el fin de garantizar que la suciedad no se adhiera por completo a los equipos y que se facilite el retiro de esta suciedad.



Gráfica 18. Limpieza de los equipos del laboratorio de hidráulica.

Fuente: Propia

8.9 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Se recomienda la realización de mantenimiento preventivo a los equipos que se encuentren en buen estado, con el fin de inspeccionar encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas, para asegurar el correcto funcionamiento los equipos ([, p2). En la tabla 41 se



muestran los equipos que están en buen estado pero aun así se recomienda que se le realice mantenimiento preventivo.

Tabla 41. Equipos que requieren mantenimiento preventivo.

NOMBRE DEL EQUIPO	VALORACIÓN DEL APARATO	ESTADO DEL APARATO	TIPO DE DAÑO	TIPO DE MANTENIMIENTO
Impacto de Chorro	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Determinación de Flujo	4,1	Operando	Sin daño	Mantenimiento preventivo
Trayectoria de un Chorro y Flujo	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Calibrador de Manómetro	3,8	Operando	Daños leves	Mantenimiento preventivo
Centro de Presión	4,1	Operando	Sin daño	Mantenimiento preventivo

Fuente: Propia

Se recomienda que sean realizadas tareas de mantenimiento correctivo y/o reparaciones con urgencia a los siguientes equipos del laboratorio, los cuales poseen daños moderados y graves que comprometen la calidad de los servicios prestados.

Tabla 42. Equipos que requieren mantenimiento correctivo

NOMBRE DEL EQUIPO	VALORACIÓN DEL APARATO	ESTADO DEL APARATO	TIPO DE DAÑO	TIPO DE MANTENIMIENTO
Bomba de Ariete	2,3	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Turbina Pelton	2,9	Operando	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Vórtice	2,5	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Banco Hidráulico Volumétrico	1,9	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Numero de Reynolds	1,4	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Pérdidas en Sistema de Tuberías	1,9	Operando	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Canal Hidráulico	3,0	Operando	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Perdidas por Fricción	3,3	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Bombas en Serie y en Paralelo	2,3	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Banco Hidrostático	2,2	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo
Pérdidas de Energía en Tubería	2,0	No funciona	Daños graves	Mantenimiento correctivo
Venturímetro	3,5	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Medición de Flujo	3,5	Operando	Daños leves	Mantenimiento correctivo
Viscosímetro	2,4	No funciona	Daños moderados	Mantenimiento correctivo

Fuente: Propia

El uso del equipo de forma incorrecta reducen la vida útil de los mismos, por lo cual se recomienda un correcto adiestramiento al personal docente que manipulará el equipo mismo, previamente el personal deberá conocer los rangos normales de funcionamiento de los equipos a utilizar, para no sobrepasar las presiones para los que técnicamente fueron diseñados.



Almacenar el equipo en lugares seguros, lejos del contacto de la luz, fuera del alcance del personal que no esté adestrado o con el debido permiso del encargado del laboratorio, puesto que estos individuos pueden manipular y afectar los equipos de manera negativa. Se recomienda que sean guardados bajo llave en estanterías, vitrinas o armarios y que solamente sean expuestos al momento de la realización de la práctica y que sean devueltos a su lugar al momento de finalización, no sin antes la revisión del encargado del laboratorio, para que se cerciore la buena entrega del equipo, en caso de que se hayan generado daños al equipo por parte del personal se deberá notificar el tipo de daño y se deberán consignar los datos del causante del mismo para posterior juicio de responsabilidades, en donde la universidad y los encargados del laboratorio establecen quien o quienes son los responsables a pagar por los daños generados.

Si se presenta una falla en el montaje experimental durante la realización de una práctica, se recomienda que se detenga inmediatamente el equipo que le está suministrando corriente eléctrica, caudal o cualquier tipo de suministro, luego se tendrá que llamar al encargado de mantenimiento y control del laboratorio de hidráulica, quien es el profesional calificado para reparar esos desperfectos y averías menores. Bajo ninguna circunstancia los estudiantes deben manipular estos equipos, ya que podrían afectar en un mayor grado el daño sufrido por el equipo o puede ocasionar daños colaterales que podrían ser evitados si el profesional encargado interviene.

Periódicamente se deben revisar los equipos con el fin de establecer fallas o avería, se recomienda que se haga a final de cada año escolar, con el fin que se hagan los mantenimientos en el periodo vacacional, para mitigar el impacto de estos trabajos en época escolar, evitando así la ocupación de encargados del mantenimiento durante la realización de las prácticas programadas.



Es evidente que la limpieza es un factor significativo en la calidad propia de los equipos, puesto que disminuye considerablemente la calidad visual ante la presencia de suciedad, por lo que se recomienda la limpieza y desinfección de todos los equipos en general. Adicionalmente se recomienda tareas de limpieza cada 6 meses con el propósito de mantener los equipos aseados e higiénicos.

8.10 RECOMENDACIONES DE COMPRA

Actualmente la empresa de fabricación de equipos de laboratorio Tecquipment tiene a la venta 42 equipos especializados en área de hidráulica, de estos equipos la Universidad Santo Tomás posee 19, es decir que el laboratorio de hidráulica posee el 45% de los equipos disponibles de la marca Tecquipment, estos equipos son bastante didácticos y son de gran ayuda para el correcto aprendizaje de los estudiantes, ya que se logran analizar diferentes fenómenos hidráulicos y a su vez se pueden comparar los resultados con la teoría existente en las prácticas de laboratorio.

Aunque los equipos que posee la Universidad son muy buenos, es necesario tener un estricto programa de mantenimiento para que estos equipos no pierdan sus propiedades con el uso y con el paso del tiempo, se garantizara una mayor vida útil de estos equipos si se diseña y se cumple un cronograma de mantenimientos preventivos, para lo cual la base de datos creada será de gran ayuda, puesto que se pueden programar, controlar y dirigir las operaciones de los equipos desde un solo documento. En la tabla 43 se muestran los equipos que están a la venta por parte de la empresa Tecquipment y se encuentran marcados en verde los equipos de dicha empresa con los que cuenta la universidad.



Tabla 43. Lista equipos marca Tecquipment y los equipos adquiridos por la universidad

ÁREAS DE ESPECIALIDAD	EQUIPOS QUE POSEE LA MARCA TECQUIPMENT A LA VENTA	ESTE EQUIPO LO POSEE LA USTA
HYDRAULICS BENCHES	HYDRAULICS BENCH (GRAVIMETRIC) (H1)	NO
	HYDRAULICS BENCH (VOLUMETRIC) (H1D)	SI
FLOW AND PRESSURE MEASUREMENT	CALIBRATION OF A PRESSURE GAUGE (H3A)	SI
	VENTURI METER (H5)	SI
	DISCHARGE OVER A NOTCH (H6)	NO
	FLOW MEASUREMENT (H10)	SI
	PRESSURE MEASUREMENT BENCH (H30)	NO
	FLOW METER CALIBRATION (H40)	SI
	PITOT TUBE (H40A)	NO
	VENTURI FLOWMETER (H40B)	NO
	ORIFICE FLOWMETER (H40C)	NO
	FRICTION LOSS IN A PIPE (H7)	SI
PIPE FRICTION AND ENERGY LOSS	LOSSES IN PIPING SYSTEMS (H16)	SI
	PIPEWORK ENERGY LOSSES (H34)	SI
	FLUID FRICTION APPARATUS (H408)	NO
	FRICTION LOSS IN A PIPE (H7)	NO
LAMINAR AND TURBULENT FLOW	REYNOLDS NO AND TRANSITIONAL FLOW (H215)	SI
	FLOW THROUGH AN ORIFICE (H4)	SI
NOZZLES, JETS, VORTICES AND CAVITATION	IMPACT OF A JET (H8)	SI
	VORTEX APPARATUS (H13)	SI
	JET TRAJECTORY AND ORIFICE FLOW (H33)	SI
	CAVITATION DEMONSTRATION UNIT (H400)	NO
	HELE-SHAW APPARATUS (H9)	NO
FLOW VISUALISATION	PIPE SURGE AND WATER HAMMER (H405)	NO
	MODEL RESERVOIR AND SURGE TOWER (TE58)	NO
	WATER HAMMER APPARATUS (TE86)	NO
OPEN CHANNEL FLOW	DISCHARGE OVER A NOTCH (H6)	NO
	5 METRE FLOW CHANNEL (H12)	SI
HYDROSTATICS AND PROPERTIES OF FLUIDS	STABILITY OF A FLOATING BODY (H2)	NO
	CENTRE OF PRESSURE (H11)	SI
	HYDROSTATICS AND PROPERTIES OF FLUIDS (H314)	SI
	PARTICLE DRAG COEFFICIENT (H410)	NO
HYDROLOGY	LIQUID SEDIMENTATION APPARATUS (H311)	NO
	PERMEABILITY TANK (H312)	NO
	HYDROLOGY APPARATUS (H313)	NO
PUMPS AND TURBINES	TWO-STAGE COMPRESSOR TEST SET (GT103)	NO
	FRANCIS TURBINE (H18)	NO
	PELTON TURBINE (H19)	SI
	HYDRAULIC RAM PUMP (H31)	SI
	SERIES AND PARALLEL PUMP TEST SET (H32)	SI
	CENTRIFUGAL PUMP TEST SET (H47)	NO
	TWO-STAGE (SERIES AND PARALLEL) PUMPS (H83)	NO

Fuente: Propia

En la tabla 43 también se observa que hacen falta equipos de hidrología, ya que no se posee ninguno de esta clase y los conocimientos de estos fenómenos hidrológicos son muy importantes en una completa comprensión de



esta área de la hidráulica, por lo que se recomienda la compra de los siguientes equipos.

8.10.1 EQUIPO DE SISTEMAS HIDROLÓGICOS, SIMULADOR DE LLUVIA Y SISTEMAS DE RIEGO (Edibon)



Gráfica 19. Equipo de sistemas hidrológicos marca Edibon.

Tomado de:

<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/fluidmechanicsgeneral/ESH%282x1m%29.pdf>

El Equipo de Sistemas Hidrológicos, Simulador de Lluvia y Sistemas de Riego (2x1m), “ESH(2x1m)” es un equipo autónomo diseñado para demostrar algunos de los procesos físicos que pueden encontrarse en hidrología y en geomorfología fluvial, incluyendo: los hidrogramas de lluvia para zonas de captación de permeabilidad variable, la formación y características de ríos y los efectos del transporte de sedimentos, la extracción de aguas subterráneas mediante drenajes, ya sea con o sin recarga de la superficie por la lluvia, etc. (Edibon, p1).

El equipo permite demostrar, a pequeña escala, los principios hidrológicos del flujo de aguas subterráneas y las aplicaciones de estos principios en algunas construcciones de ingeniería. Además, permite estudiar el uso de drenajes para la extracción de agua, desagüe y drenaje de lagos y la



demostración de los riesgos de inundación asociados a los trabajos de drenaje de tierras (Edibon 1, p1).

8.10.2 DEPÓSITO DE SEDIMENTACIÓN (Edibon)



Gráfica 20. Depósito de sedimentación marca Edibon.

Tomado de:

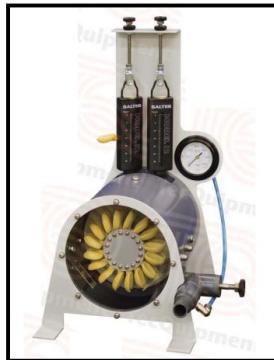
<http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/environment/waterhandling/PDS.pdf>

El equipo PDS es un equipo didáctico diseñado por EDIBON para la demostración del proceso de sedimentación y para familiarizarse con el principio de decantación de partículas discretas o floculadas en el interior de un depósito. Además, permite el estudio de las características hidráulicas de un depósito de sedimentación rectangular que trabaja en continuo. Al tratarse de un equipo de laboratorio permite obtener conclusiones válidas sobre su operación y trasladarlas al funcionamiento de un equipo a escala real (Edibon 2, p1).

La gran ventaja del equipo PDS es que su depósito de sedimentación está fabricado en metacrilato transparente, lo que permite al estudiante la fácil comprensión de los principios de la sedimentación. Este hecho permite la realización de múltiples prácticas, además de facilitar la comprensión de la influencia de las diferentes variables sobre el proceso (Edibon 2, p1).



8.10.3 H19 TURBINA PELTON (Tecquipment)



Gráfica 21. Rueda Pelton marca Tecquipment

Tomado de: http://www.tecquipment.com/Datasheets/H19_0115.pdf

Una unidad compacta para demostraciones y pruebas de rendimiento en una turbina Pelton.

8.11 RECOMENDACIONES DE COMPRA DE ACCESORIOS

Se recomienda que sean compradas 4 bombas de aire, para que los equipos que necesiten presurización de sus respectivos sistemas lo hagan sin que sean extraídas las bombas de otros equipos.

Los accesorios del banco estático se encuentran rotos, averiados o desaparecidos, por lo que se recomienda la compra total de los accesorios de este equipo.

El canal hidráulico posee una amplia gama de actividades que no se pueden realizar en su totalidad por la carencia de accesorios, como ya se mencionó se pueden adquirir varios tipos de vertederos, compuertas radiales,



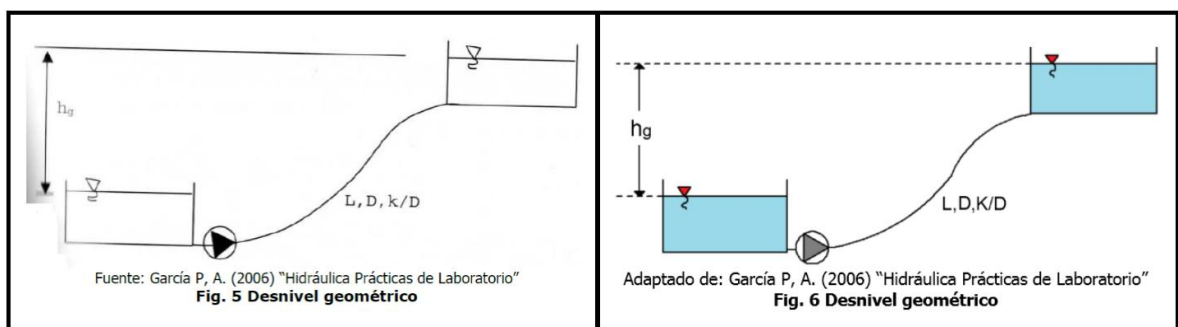
compuertas de desbordamiento, canaleta Parshall, disipadores de energía, sifones, creador de olas y funcionamiento de alcantarillas.

9 ACTUALIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Tomando como base las prácticas de hidráulica elaboradas por los ingenieros Humberto Pérez y José Luis Díaz Arévalo, se realizó un mejoramiento en la presentación de 18 prácticas, dicho mejoramiento abarcó tareas de corrección de errores ortográficas, mejoramiento de la redacción de algunas de las guías, reorganización de cuestionarios, realización de bibliografía, mejoramiento digital de imágenes y utilización de un nuevo formato.

Los trabajos de mejoramiento de prácticas fueron realizados en simultaneo con la realización del inventario y se cercioro que el marco teórico, las actividades a realizar y los cuestionarios fuesen coherentes con los fenómenos a estudiar.

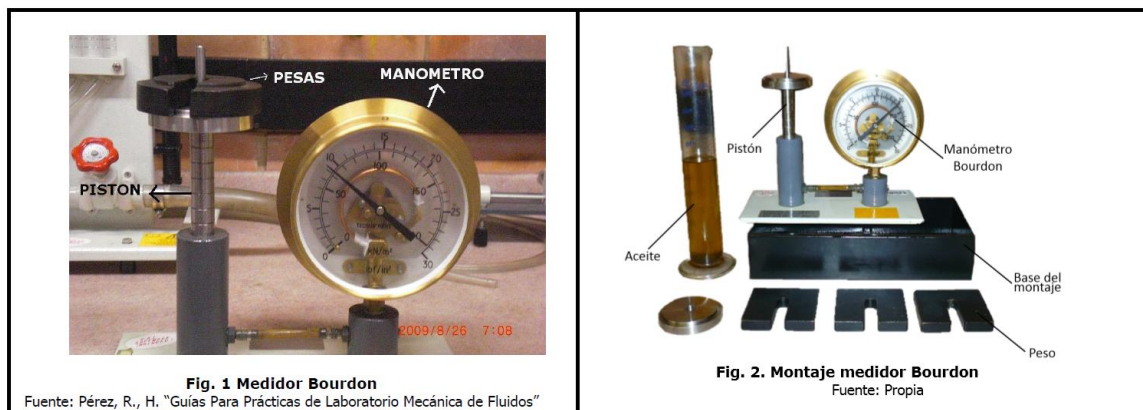
Con este mejoramiento se eliminaron defectos visuales en las gráficas, tablas y esquemas presentes en las prácticas de laboratorio, en la gráfica 24 se muestra un ejemplo del trabajo realizado a todos los esquemas, los cuales presentaban manchas y visualmente no eran agradables, ya que provenían de una imagen de un libro escaneada, el trabajo que se realizó incluyó incorporación de colores y formas más elaboradas.



Gráfica 22. Ejemplo optimización de esquemas escaneados
Fuente: Propia

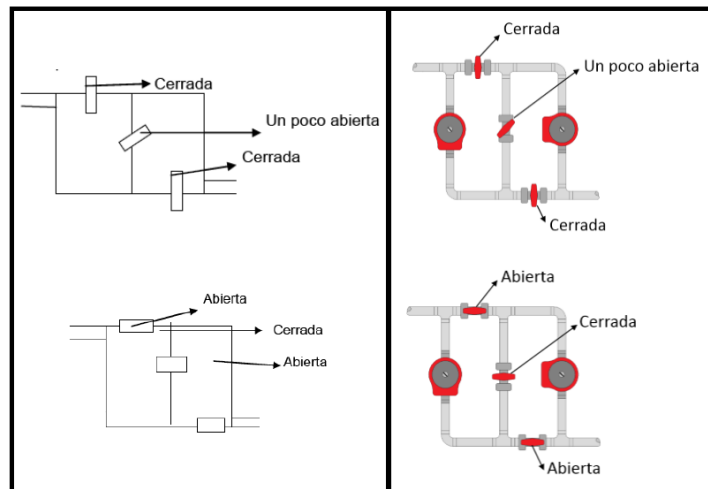


También se mejoraron todas las fotos que se encontraban en las prácticas de laboratorio, se realizó una tarea de limpieza de estas imágenes para eliminar fondos y otros elementos que no eran parte del montaje experimental de cada práctica, adicionalmente fueron incluidos los nombres de las partes de los equipos, en la gráfica 25 se muestra un ejemplo de la optimización del montaje experimental del medidor Bourdon, se observa una imagen más limpia, agradable a la vista y solo con los elementos y accesorios propios del equipo.



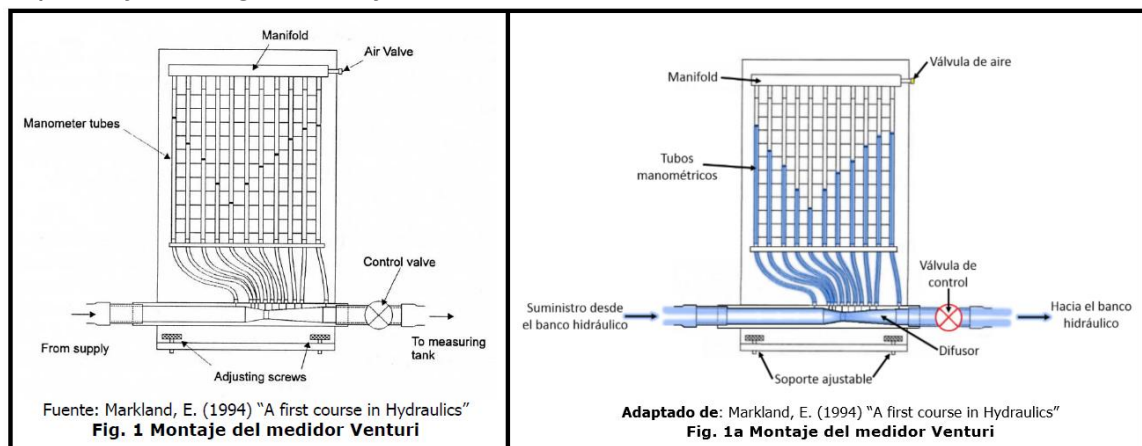
Gráfica 23. Ejemplo optimización de fotografías
Fuente: Propia

Además de las imágenes escaneadas se encontraron imágenes elaboradas en computador de muy baja calidad, las cuales también fueron mejoradas, se realizaron esquemas más detallados de muchos componentes y se le agregaron formas y colores propios de cada equipo para una mejor visualización de estos equipos. Se puede observar un ejemplo claro de esto en la gráfica 26 en donde se encuentra el esquema de posicionamiento de válvulas del equipo de bombas que se pueden configurar en serio o en paralelo.



Gráfica 24. Ejemplo optimización de esquemas elaborados en computador
Fuente: Propia

Otra de las maneras como se optimizaron las guías fue con la traducción de muchas gráficas y esquemas, el esquema mostrado a la izquierda en la gráfica 27 se muestra el medidor de Venturi con las etiquetas en inglés y al costado derecho se observa el mismo equipo con las etiquetas traducidas al español y con algunas mejoras visuales.



Gráfica 25. Ejemplo optimización de esquemas escaneados
Fuente: Propia

Se transcribió información que se encontraban en tablas escaneadas presentes en las prácticas de laboratorio, se transcurrieron dichas tablas para mejorar la condición visual y estética, ya que se utilizó un mismo formato de letra y tamaño de letra, con esto se estandarizaron los formatos de tablas, un ejemplo de esto es la tabla mostrada en la gráfica 28.

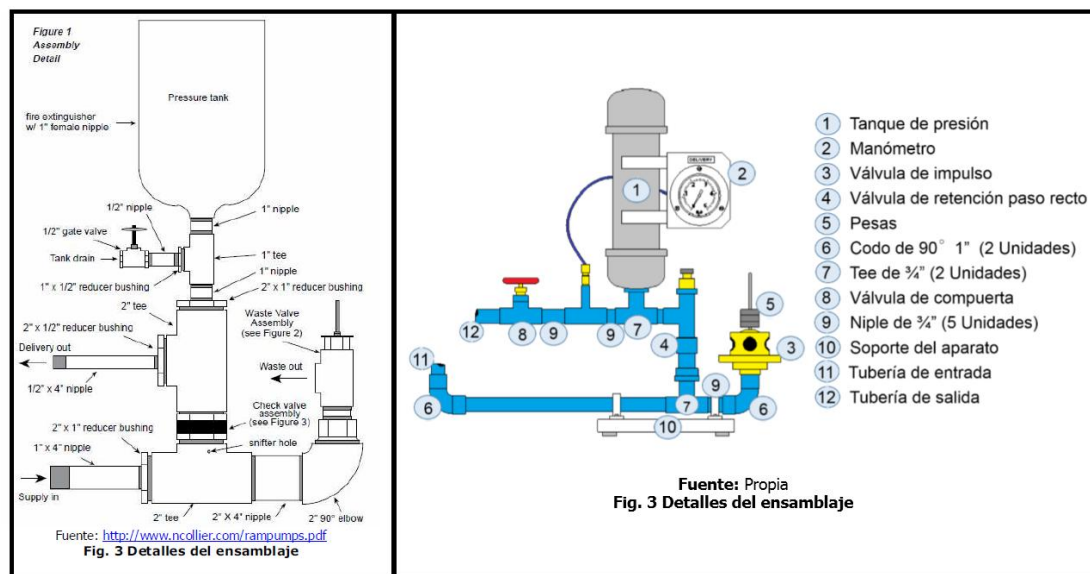


W (gramf)	D (mm)	$R_2 - R_0$ (mm)	M (kgf · mm)	$h = \frac{R_2 - R_0}{R_2 - R_1}$	$m = \frac{M}{M_{ref}}$
50	34	39.3	10.1	0.393	0.265
70	42	48.5	14.2	0.485	0.301
100	51	58.9	20.3	0.589	0.354
120	56	64.7	24.4	0.647	0.387
150	63	72.7	30.4	0.727	0.430
170	68	78.5	34.5	0.785	0.451
200	74	85.4	40.6	0.854	0.488
220	78	90.1	44.7	0.901	0.509
250	83	95.8	50.7	0.958	0.544
270	87	100.5	54.8	1.005	0.560
300	93	107.4	60.9	1.074	0.582
350	102	117.8	71.0	1.178	0.619
400	111	128.2	81.2	1.282	0.650
450	120	138.6	91.3	1.386	0.677
500	129	149.0	101.5	1.490	0.699
550	138	159.3	111.6	1.593	0.719
600	147	169.7	121.8	1.697	0.737
650	156	180.1	131.9	1.801	0.752
700	166	191.7	142.1	1.917	0.761

Fuente: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

Gráfica 26. Ejemplo transcripción de información contenida en tablas
Fuente: Propia

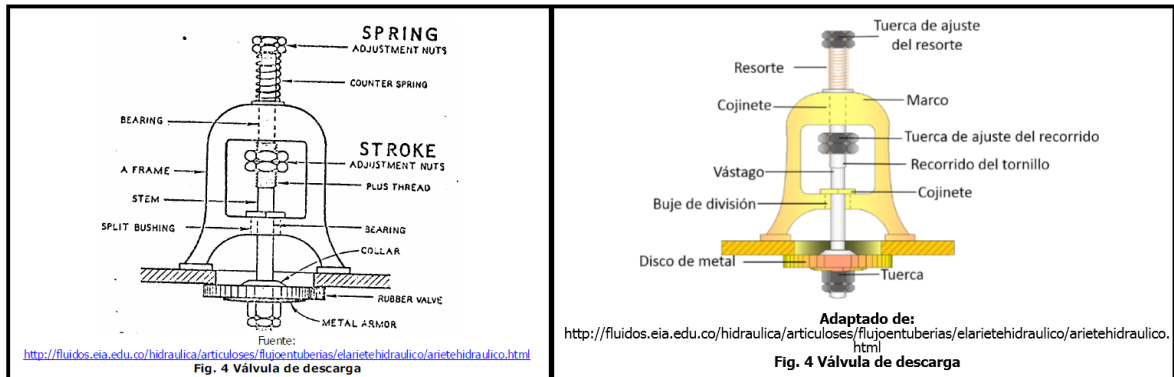
Se realizaron cambios a los esquemas encontrados en las prácticas y se realizaron adaptaciones de acuerdo a los requerimientos propios de los equipos del laboratorio. En el esquema mostrado a la izquierda en la gráfica 29 se muestra la representación de una bomba de ariete, esta bomba tiene un diseño diferente a la bomba con la que cuenta el laboratorio, por lo que se elaboró un esquema propio en el cual se incluyen los nombres de las partes que lo componen.



Gráfica 27. Adaptación de imágenes
Fuente: Propia

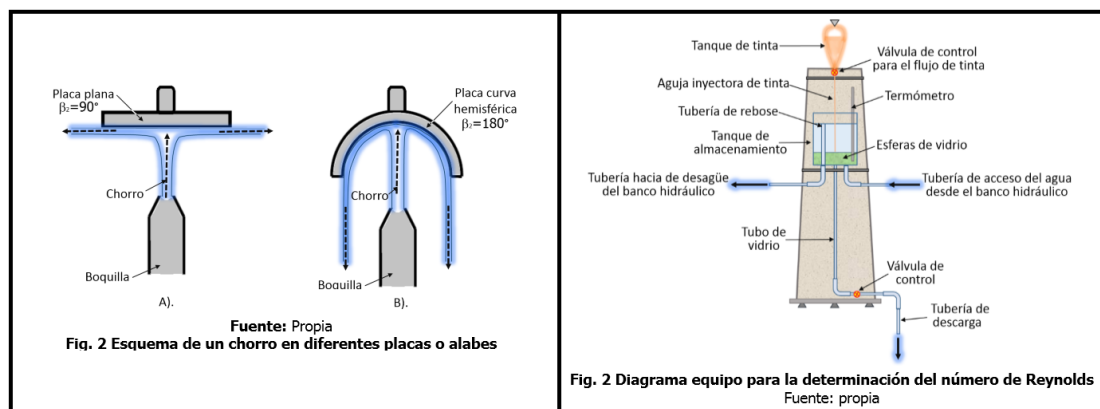


Se encuentran también imágenes contenidas en páginas de internet debidamente referenciadas, estas imágenes también fueron optimizadas, ya que fueron traducidas y se les aplicó colores propios de cada material. En la gráfica 30 se muestra la imagen de una válvula de descarga optimizada.



Gráfica 28. Ejemplo optimización imágenes de internet
Fuente: Propia

También se crearon imágenes por necesidad de mostrar detalles que no se encontraban fácilmente, en gráfica 31 se muestran las imágenes de las formas de los álabes con la que cuenta el equipo de impacto de chorro y el esquema general del equipo de determinación del número de Reynolds.



Gráfica 29. Ejemplo de esquemas elaborados según necesidad
Fuente: Propia

En total se optimizaron 121 gráficas y esquemas presentes en las 18 prácticas que se intervinieron, se encontró que en promedio cada práctica contiene 7 gráficas, en la tabla 44 se observa cada práctica y la cantidad de gráficos y esquemas intervenidos.



Tabla 44. Total de gráficos y esquemas intervenidos

NOMBRE GUÍA DE LABORATORIO	TOTAL GRÁFICOS INTERVENIDOS
GOLPE DE ARIETE	6
TURBINA PELTON	4
FLUJOS DE VÓRTICE	9
DESCARGA SOBRE VERTEDEROS	5
RÉGIMEN DE UN FLUJO Y NÚMERO DE REYNOLDS	5
PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS	14
RESALTO HIDRÁULICO	7
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN UNA TUBERÍA	4
BOMBAS EN SERIE Y EN PARALELO	12
ESTABILIDAD DE UN CUERPO FLOTANTE	8
IMPACTO DE UN CHORRO	4
FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS	6
PÉRDIDAS EN ACCESORIOS	8
FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIDOR VENTURI	6
MEDIDORES DE CAUDAL	6
CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN	4
EMPUJE HIDROSTÁTICO SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA	7
DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD	6
Total gráficos intervenidos	121
Promedio de gráficos por guía	7

Fuente: Propia

Con esta optimización se logró un avance en la calidad de las prácticas, ya que se mejoraron algunos contenidos, se corrigieron varios errores ortográficos y de redacción que encontraban en algunas prácticas. Este labor de mejoramiento tomo varios meses de trabajo, pero al final se consiguió un resultado satisfactorio, ya que se aportó un grano de arena para conseguir un producto con u mayor estándar de calidad.

10 Conclusiones

Se determinaron los criterios y métodos necesarios para realizar el inventario acorde con las necesidades del laboratorio de hidráulica, se realizaron una serie de formularios los cuales generaron información valiosa acerca de la cantidad y estado fisco de los equipos del laboratorio.



Se realizó con éxito el inventario general que evidenció la cantidad y estado físico de equipos e instrumentos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás seccional Bogotá, obteniéndose como resultado una cantidad total de 18 equipos, de los cuales el 58% están operando y el restante 42% de no están funcionando, este resultado no es favorable y esto refleja que el laboratorio se encuentra en un estado crítico y es necesario la intervención por parte de la facultad para superar este impase.

Se evidencio que el 21% de los equipos es clasificado con daños graves, estos equipos son equipos que presentan falla total, los equipos clasificados en este grupo son el banco hidrostático, el equipo número de Reynolds, pérdidas en sistema de tuberías y pérdidas de energía en tuberías; un 37% de los equipos presentan daños moderados, y un 42% de los equipos presentan daños leves.

Se encontró que el 74% de los equipos requieren mantenimiento correctivo, es decir que se realiza este mantenimiento después del fallo o de la avería. Por otra parte se recomienda mantenimiento preventivo al restante 26% de equipos, este mantenimiento corregirá algunos pequeños problemas presentes en los equipos y garantizara una mayor vida útil de los mismos.

Se observa que el 21% de los equipos no cuentan con los accesorios completos para su correcto y eficaz funcionamiento, cabe resaltar que no se tomaron en cuenta los accesorios compartidos entre equipos como bombas, abrazaderas y mangueras, aunque se recomienda la compra de 4 bombas de aire necearías para completar la demanda de las mismas por parte de los equipos que necesitan previa presurización.

Se realizó la base de datos en una plataforma Excel donde están contenida toda la información relevante de cada uno de los equipos, lo que facilitará la trazabilidad de dichos equipos, ya que se podrá tomar este trabajo como una



línea base, la cual servirá para observar si hubo o no avances en el laboratorio dentro de algún tiempo.

Se realizó la verificación, rectificación y optimización de 18 guías o prácticas de laboratorio con lo que cuenta el laboratorio de hidráulica, esto servirá al crecimiento y acreditación de la Universidad, puesto que se mejoró en gran medida calidad de los materiales teóricos suministrado a los estudiantes. Adicionalmente la base de datos en Excel es una herramienta poderosa que ayudará en la toma de decisiones de mantenimiento, reparación y compra de equipos.

11 Recomendaciones

Se recomienda la compra de 3 equipos que complementarían la gama de prácticas que actualmente se tienen, los equipos recomendados son: H19 turbina Pelton (Tecquipment), depósito de sedimentación (Edibon), equipo de sistemas hidrológicos, simulador de lluvia y sistemas de riego (Edibon).

Se requiere que se realicen tareas de limpieza y desinfección a los equipos con una regularidad de 1 vez por año, con el fin de garantizar que la suciedad no se adhiera por completo a los equipos y que se facilite el retiro de esta suciedad.



12 Bibliografía

ROJAS, N., Recurso de apoyo laboratorios, Documento preparado, Bogotá D.C. 2010. Recuperado de: <http://civil.usta.edu.co/images/stories/dependencia/pregrado/documentos/Ing.Civil/Acreditacion/022%20Recursos%20de%20apoyo%20Laboratorios.pdf>. Fecha de recuperación: 1 de abril de 2014.

MARROQUÍN P., CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN. Recuperado de: <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>. Fecha de recuperación: 17 de febrero de 2015.

ANIL G., (2013), Venturimetro (H5), Laboratory procedure, Department of Aerospace Engineering, Middle East Technical University. Recuperado de: http://www.ae.metu.edu.tr/~ae547/lab13/Lab_1_procedure.pdf. Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.

MARKLAND, E. (1994) "A first course in Hydraulics" by Emeritus Professor E. Markland, Published by TecQuipment Limited, 1994. (H30 Pressure measurement) Recuperado de: http://www.dcu.ie/sites/default/files/mechanical_engineering/pdfs/manuals/H30%20Pressure%20measurement.pdf, Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2014.

MARKLAND, E. (1994) "A first course in Hydraulics", Published by TecQuipment Limited, 1994. (H11 Centre of Pressure Apparatus). Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CC0QFjAC&url=http%3A%2F%2Ffacultad.bayamon.inter.edu%2Fomez%2F3110%2FAnnex-Lab2.docx&ei=x0zKVKbCNpflsASVhoKYCQ&usg=AFQjCNHxOsagSNkDxkke16-K5aNtHikoew&bvm=bv.84607526,d.cWc>. Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2014.



MARBELLO R., Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12697/31/3353962.2005.Parte%206.pdf>. Fecha de recuperación: 1 de agosto de 2013.

MARKLAND, E. (1994) "A first course in Hydraulics" by Emeritus Professor E. Markland, Published by TecQuipment Limited, 1994. (Flow through an orifice). Recuperado de: http://csserver.evansville.edu/~tipton/images/coursework/2011_Spring_ME360/TecQuipment_F2_Workbook1978.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2013.

GÜNEL O. (2010), Experimental Aerodynamics flow through an orifice lab sheet (2010), Middle East Technical University, Recuperado de: http://www.ae.metu.edu.tr/~ae547/lab13/Lab9_manual.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2013.

REYNOSO M., (2010) Manual para los ensayos de viscosidad, centros de presión, líneas de corriente e impacto de un chorro del laboratorio de mecánica de fluidos, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3152_C.pdf, Fecha de recuperación: 20 de julio de 2014.

H10 Flow Measurement. TecQuipment, (2010). Recuperado de: http://www.dcu.ie/sites/default/files/mechanical_engineering/pdfs/manuals/H10%20Flow%20Measurement.pdf. Fecha de recuperación: 5 de agosto de 2014.

H16 Losses in Piping Systems. TecQuipment, (2010). Recuperado de: http://www.learneasy.info/MDME/MEMmods/MEM23006A/fluid_mech/lab-pipe-flow-files/losses-in-piiping-lab.pdf. Fecha de recuperación: 5 de agosto de 2011.

V Estudio del régimen de flujo. Universidad del Cauca (UNICAUCA). Departamento de Hidráulica. Recuperado de: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/5_reynolds.pdf. Fecha de recuperación: 12 de agosto de 2014.



MEGARIDIS C., Mechanical and Industrial Engineering. University of Illinois at Chicago (2003). Recuperado de: <http://www.uic.edu/classes/me/me211/Lab/lab5>, Fecha de recuperación: 12 de agosto de 2014.

CHOW, VT., Hidráulica de canales abiertos. Recuperado de: http://www.hidrojing.com/wp-content/uploads/2013/02/2_Chow-Ven-Te-Hidraulica-De-Canales-Abiertos.PDF. Fecha de recuperación: 2 de octubre de 2014.

CASTRO, L., El Mantenimiento Industrial: La Columna Vertebral de su Empresa, Tomado de: http://www.metalactual.com/revista/13/procesos_mantenimiento.pdf. Fecha de recuperación: 06 de mayo de 2014.

SIMA, Servicios Integrales de Mantenimiento, Tomado de: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTEMIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>. Fecha de recuperación: 17 de febrero de 2015.

Catalogo Edibon (2014), Tomado de: <http://www.edibon.com/products/catalogues/es/units/fluidmechanicsaerodynamics/fluidmechanicsgeneral/ESH%282x1m%29.pdf>. Fecha de recuperación: 5 de febrero de 2015.



13 ANEXOS

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
BOMBAS EN SERIE Y EN PARALELO	20/07/2015 05:43 p.m.	Adobe Acrobat D...	1.172 KB
CALIBRACIÓN DE UN MEDIDOR DE PRESIÓN	20/07/2015 05:44 p.m.	Adobe Acrobat D...	481 KB
DESCARGA SOBRE VERTEDEROS	20/07/2015 05:45 p.m.	Adobe Acrobat D...	691 KB
DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD	20/07/2015 05:52 p.m.	Adobe Acrobat D...	772 KB
EMPUJE HIDROSTÁTICO SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA	20/07/2015 05:53 p.m.	Adobe Acrobat D...	951 KB
ESTABILIDAD DE UN CUERPO FLOTANTE	20/07/2015 05:55 p.m.	Adobe Acrobat D...	904 KB
FLUJO A TRAVÉS DE ORIFICIOS	20/07/2015 05:57 p.m.	Adobe Acrobat D...	737 KB
FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIDOR VENTURI	20/07/2015 05:58 p.m.	Adobe Acrobat D...	728 KB
FLUJOS DE VÓRTICE	20/07/2015 06:00 p.m.	Adobe Acrobat D...	766 KB
GOLPE DE ARIETE	20/07/2015 06:03 p.m.	Adobe Acrobat D...	825 KB
IMPACTO DE UN CHORRO	20/07/2015 06:03 p.m.	Adobe Acrobat D...	596 KB
MEDIDORES DE CAUDAL	20/07/2015 06:05 p.m.	Adobe Acrobat D...	756 KB
PÉRDIDAS EN ACCESORIOS	20/07/2015 06:07 p.m.	Adobe Acrobat D...	1.143 KB
PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE TUBERÍAS	20/07/2015 06:10 p.m.	Adobe Acrobat D...	1.285 KB
PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN UNA TUBERÍA	20/07/2015 06:12 p.m.	Adobe Acrobat D...	590 KB
RÉGIMEN DE UN FLUJO Y NÚMERO DE REYNOLDS	20/07/2015 06:12 p.m.	Adobe Acrobat D...	624 KB
RESALTO HIDRÁULICO	20/07/2015 06:13 p.m.	Adobe Acrobat D...	956 KB
TURBINA PELTON	20/07/2015 06:14 p.m.	Adobe Acrobat D...	561 KB

Anexo 1. Lista de prácticas entregadas a la Universidad en formato .PDF
Fuente: Propia

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
DATOS DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO EN OPERACIÓN	05/04/2015 07:27 a.m.	Carpeta de archivos	
DOCUMENTOS INVENTARIO	05/04/2015 07:27 a.m.	Carpeta de archivos	
GUÍAS DE LABORATORIO	05/04/2015 07:27 a.m.	Carpeta de archivos	
RECOMENDACIONES DE COMPRA Y REPARACIÓN	05/04/2015 07:28 a.m.	Carpeta de archivos	
Directorio Inventario Hidraulica 2014	08/03/2015 01:26 p.m.	Hoja de cálculo de Microsoft Excel	6.959 KB
Informe final trabajo de grado	05/04/2015 06:32 p.m.	Documento de Microsoft Word	21.955 KB
Informe final trabajo de grado	05/04/2015 06:35 p.m.	Adobe Acrobat Document	10.236 KB
PG Alejandro Barcenás	25/04/2015 08:59 p.m.	Archivo WinRAR	28.414 KB

Anexo 2. Documentos entregados a la Universidad
Fuente: Propia



Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Catalogo de productos en Ingles	02/06/2014 05:09 p.m.	Adobe Acrobat Document	4.126 KB
catalogo	05/07/2014 05:02 p.m.	Hoja de cálculo de Microsoft Excel	2.061 KB
H1D Volumetric Hydraulic Bench	25/05/2014 04:49 p.m.	Adobe Acrobat Document	101 KB
H3a Calibration of a Pressure Gauge	25/05/2014 04:49 p.m.	Adobe Acrobat Document	84 KB
H4 Flow Through an Orifice	25/05/2014 04:47 p.m.	Adobe Acrobat Document	106 KB
H5 Venturi Meter	25/05/2014 04:49 p.m.	Adobe Acrobat Document	101 KB
H7 Friction Loss in a Pipe	25/05/2014 04:43 p.m.	Adobe Acrobat Document	99 KB
H8 Impact of jet	25/05/2014 04:47 p.m.	Adobe Acrobat Document	144 KB
H10 Flow Measurement	25/05/2014 04:48 p.m.	Adobe Acrobat Document	113 KB
H11 Centre of Pressure	25/05/2014 04:41 p.m.	Adobe Acrobat Document	217 KB
H12 Metre Flow Channel	25/05/2014 04:41 p.m.	Adobe Acrobat Document	107 KB
H13 Vortex Apparatus	25/05/2014 04:47 p.m.	Adobe Acrobat Document	107 KB
H19 Pelton Turbine	25/05/2014 04:41 p.m.	Adobe Acrobat Document	80 KB
H31 Hydraulic Ram Pump	25/05/2014 04:41 p.m.	Adobe Acrobat Document	82 KB
H32 Series and Parallel Pump Test Set	25/05/2014 04:42 p.m.	Adobe Acrobat Document	105 KB
H33 Jet Trajectory and Flow Through an Orifice	25/05/2014 04:47 p.m.	Adobe Acrobat Document	112 KB
H40 Flow Meter Calibration	25/05/2014 04:48 p.m.	Adobe Acrobat Document	96 KB
H215 Reynolds Number and Transitional Flow	25/05/2014 04:43 p.m.	Adobe Acrobat Document	87 KB
H314 Hydrostatics and Properties of Fluids	25/05/2014 04:41 p.m.	Adobe Acrobat Document	116 KB

Anexo 3. Bibliografía de la USTA recopilada en formato .PDF
Fuente: Propia