

ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL ÁREA DE
TERMOFLUIDOS PARA LA DIVISIÓN DE INGENIERIAS DE LA UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS SEDE PRINCIPAL

SEBASTIAN DARIO COLMENARES ROJAS
NELSON SANTIAGO MANCERA AGUIRRE

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.
2024

ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO PARA EL ÁREA DE
TERMOFLUIDOS PARA LA DIVISIÓN DE INGENIERIAS DE LA UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS SEDE PRINCIPAL

SEBASTIAN DARIO COLMENARES ROJAS
NELSON SANTIAGO MANCERA AGUIRRE

Ing. JORGE RENÉ SILVA LARROTTA

TRABAJO DE GRADO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C.
2024

Nota de aceptación:

Firma Jurado

Firma Jurado

Firma director de tesis

Bogotá D.C, /09/2024

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y su infinita paciencia. Sin su guía y ejemplo, este logro no habría sido posible.

A mis amigos, por estar siempre a mi lado, por las risas compartidas y por los momentos de apoyo durante este viaje.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por el esfuerzo económico y emocional brindado en el transcurso de nuestra carrera universitaria.

A nuestro director de tesis el ingeniero Jorge Rene Silva Larrotta por su apoyo técnico y dedicación para lograr este trabajo de grado.

A los docentes por su tiempo y dedicación durante las clases y materias expuestas en el pensum.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	2
1.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. MARCO REFERENCIAL	3
2.1. MARCO CONCEPTUAL	3
2.2. MARCO TEÓRICO	5
2.3. ESTADO DEL ARTE	8
3. CARACTERIZAR LOS RECURSOS CON LOS QUE CUENTA LA UNIVERSIDAD EN LOS LABORATORIOS DE TERMO FLUIDOS DE LA DIVISI3N DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE BOGOTÁ.	10
4. DEFINIR LAS RUBRICAS DE EVALUACI3N DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y LAS COMPETENCIAS QUE SE VAN A DESARROLLAR EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.	18
5. DESARROLLAR EL MODELO DE GUÍA DE LABORATORIO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA DIVISI3N DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.	24
6. VALIDAR EL MODELO A TRAVÉS DE LA EJECUCI3N DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.....	29
7. CONCLUSIONES	31
8. ANEXOS	32
8.1 ANEXO A FICHAS TÉCNICAS	32
8.2 ANEXO B RÚBRICAS DE EVALUACI3N.....	56
8.3 ANEXO C GUÍAS DE LABORATORIO	70
8.4 ANEXO D VALIDACIONES DEL MODELO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.....	111
9. BIBLIOGRAFÍA	136

TABLAS

Tabla [1]. Lista de equipos.	12
Tabla [2]. Especificaciones del laboratorio.	13
Tabla [3]. Diseño de ficha técnica	17
Tabla [4]. Facultades, competencias y resultados de parendizaje.	21
Tabla [5]. Esquema de rubrica de evaluación.	23
Tabla [6]. Lista de personas que realizan las prácticas de laboratorio.	30
Tabla [7]. Ficha técnica Equipo HM215 TecQuipment Número de Reynolds.	34
Tabla [8]. Ficha técnica Equipo HM150.18 Gunt Hamburg Numero de Reynolds.	37
Tabla [9]. Ficha técnica Equipo FME24 Edibon Efecto Venturi.	39
Equipo HM150.16 Gunt Hamburg Bombas en paralelo y en serie.....	40
Tabla [10]. Ficha técnica Equipo HM150.16 Gunt Hamburg Bombas en paralelo y en serie.	42
Tabla [11]. Ficha técnica Equipo H34 TecQuipment pérdidas por accesorios.	44
Tabla [12]. Ficha técnica Equipo H16 TecQuipment Pérdidas por Accesorios.	46
Tabla [13]. Ficha técnica Equipo HM150.20 Gunt Hamburg Turbina Francis.....	49
Tabla [14]. Ficha técnica Equipo H19 TecQuipment Turbina Pelton.....	52
Tabla [15]. Ficha técnica Equipo Caldera Automática Vapor Vertical Teknik.	55
Tabla [16]. Rúbrica de evaluación Laboratorio Número de Reynolds.	57
Tabla [17]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Venturi.	59
Tabla [18]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Pérdidas por Accesorios.	61
Rúbrica Bombas en serie y en paralelo	62
Tabla [19]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Bombas en serie y en paralelo.	63
Tabla [20]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Turbina Francis.	65
Tabla [21]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Turbina Pelton.....	67
Tabla [22]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Ciclo Rankine.	69
Tabla [23]. Datos recolectados de tiempo.	111
Tabla [24]. Tiempo promedio de los caudales.....	111
Tabla [25]. Datos de entrada.....	112
Tabla [26]. Valor de cada caudal obtenido.	112
Tabla [27]. Valor de cada velocidad obtenida.....	112

Tabla [28]. Número de Reynolds obtenido.	113
Tabla [29]. Datos registrados para cada caudal.	114
Tabla [30]. Tabla de tiempos primer caudal.	115
Tabla [31]. Tabla de tiempos segundo caudal.	115
Tabla [32]. Tabla de tiempos tercer caudal.	115
Tabla [33]. Tabla de tiempos cuarto caudal.	115
Tabla [34]. Caudales obtenidos.	116
Tabla [35]. Areas de cada accesorio.	116
Tabla [36] Tabla de velocidad para cada accesorio.	117
Tabla [37]. Pérdidas en los accesorios para cada caudal.	118
Tabla [38]. Constante de resistencia para cada accesorio.	118
Tabla [39]. Datos registrados turbina Francis 100% de admisión.	120
Tabla [40]. Datos registrados turbina Francis 50% de admisión.	120
Tabla [41]. Datos registrados 100% de entrada turbina Pelton.	123
Tabla [42]. Datos registrados 25% de entrada turbina Pelton.	123

LISTA DE FIGURAS

Figura [1]. Diseño Guía de laboratorio.	27
Figura [2]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.	73
Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18. .	74
Figura [3]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.	78
Guía teoría efecto Venturi, equipo Edibon FME24.	79
Figura [4]. Estudio de lechos porosos en tubos de venturi. FME24	82
Figura [5]. Guía Bombas en paralelo y en serie, equipo Gunt Hamburg HM150.16.	86
Figura [6]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H34.	91
Figura [7]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H16.	96
Figura [8]. Guía funcionamiento de una turbina Francis, equipo Gunt Hamburg HM150.20.	100
Figura [9]. Guía funcionamiento de una turbina Pelton, equipo TecQuipment H19.	104
Figura [10]. Guía ciclo Rankine, equipo Caldera Automática Vapor Vertical.	110
Figura [11]. Caudal vs rpm 100% de admisión turbina Francis.	121
Figura [12]. Caudal vs rpm 50% de admisión turbina Francis.	121
Figura [13]. Caudal vs rpm 100% de entrada turbina Pelton.	124
Figura [14]. Caudal vs rpm 25% de entrada turbina Pelton.	124
Figura [15]. Realización práctica en laboratorio de ciencias térmicas.	125

ANEXOS

ANEXOS	32
ANEXO A FICHAS TÉCNICAS	32
ANEXO B RÚBRICAS DE EVALUACIÓN	56
ANEXO C GUÍAS DE LABORATORIO	70
ANEXO D VALIDACIONES DEL MODELO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS	111

INTRODUCCIÓN

Los laboratorios y las prácticas que se realizan son de carácter fundamental para consolidar el conocimiento teórico. Estos espacios que brinda la universidad le permiten a los estudiantes experimentar con equipos reales, poner en desarrollo los conceptos que se han aprendido en clase y resolver problemas, ya que fomentan la capacidad de resolver problemas y el trabajo en equipo.

La elaboración de guías de laboratorio para el área de termo fluidos en la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás Sede Principal responde a la necesidad de proporcionar un recurso estructurado y didáctico que facilite el aprendizaje práctico de los estudiantes. Estas guías están diseñadas para guiar de manera clara y detallada los procedimientos experimentales, asegurando que los estudiantes comprendan los principios fundamentales de la termodinámica y la mecánica de fluidos mediante la realización de experimentos prácticos.

Después de recopilar y clasificar toda la información, se documentaron todas las secciones expuestas en la tabla de contenido mencionada anteriormente. Estas secciones del proyecto de grado "Elaboración de Guías de Laboratorio para el Área de Termo fluidos para la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás Sede Principal" contienen información detallada que proporciona una clara visión sobre los motivos que justifican la realización de este trabajo de grado.

El trabajo de grado se estructura en cuatro capítulos, cada uno correspondiente a los objetivos específicos del documento. Cada capítulo detalla el paso a paso del desarrollo correspondiente a su objetivo específico, asegurando así el cumplimiento de cada objetivo concreto.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar las guías comunes de laboratorio del área de fluidos y térmicas de la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás Sede Bogotá.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los recursos con los que cuenta la universidad en los laboratorios de termo fluidos de la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás Sede Bogotá.
- Definir las rúbricas de evaluación de acuerdo con los resultados de aprendizaje y las competencias que se van a desarrollar en las prácticas de laboratorio seleccionadas.
- Desarrollar el modelo de guía de laboratorio para el desarrollo de prácticas de laboratorio en la División de Ingenierías de la Universidad Santo Tomás.
- Validar el modelo a través de la ejecución de las prácticas de laboratorio seleccionadas.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO CONCEPTUAL

- Magnitud: Propiedad de un fenómeno, que puede distinguirse y cuantificarse cualitativamente. (Adicción tecnológica, 2013)
- Laboratorio académico: Es un espacio dotado para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico, está equipado con puede ser con instrumentos de medida o para realizar experimentos. (Centro de Estudios y Servicios en Salud, 2020)
- Verificación: La verificación en la metrología tiene como objeto asegurar que un equipo con el que se esté trabajando sea útil para desarrollar las funciones para las cuales fue diseñada. (e-media, 2001)
- Incertidumbre: Es un parámetro que va asociado con el resultado de una medida, este establece un intervalo del resultado de dicha medición. (Adicción tecnológica, 2013)
- Precisión: Es la cercanía de indicaciones o valores de medición que se obtienen por mediciones que se repiten del mismo objeto. (Adicción tecnológica, 2013)
- Exactitud: Es el valor aproximado que hay entre un valor medido y un valor verídico que se está calculando. (Adicción tecnológica, 2013)
- Presión: Es el resultado de una fuerza que es aplicada en una superficie. (SOLPRESS, 2021)

- Número de Reynolds: Número adimensional, su valor caracteriza el movimiento del fluido, indica si el flujo es laminar o turbulento. (Mario Fernández Osma, 2021)
- Turbina: Dispositivo que aprovecha la energía de algún fluido y lo convierte en la rotación de este. (University of Calgary, 2015)
- Pérdidas: Efecto que se produce debido a la fricción de las partículas del fluido entre si con las paredes de la tubería que conduce. (Molecor, 2006)
- Caudal: Volumen de agua que atraviesa una superficie en cierto tiempo. (Miguel Ángel Monge Redondo, 2017)
- Hidráulica: Es un modo de transmisión de energía necesaria para hacer funcionar una maquina o un mecanismo. (Uriarte Industrial, 2010)
- Caldera: Es un equipo capaz de producir calor al quemar un combustible. (ALFA LAVAL, 2020)

2.2. MARCO TEÓRICO

Las guías de laboratorio son recursos fundamentales en la gestión de los equipos de termo fluidos, ya que aseguran que los instrumentos se utilicen de una forma adecuada, al encontrarse en óptimas condiciones de funcionamiento proporcionando mediciones precisas y confiables.

Al elaborar guías de laboratorio para un entorno de termo fluidos, es esencial tener en cuenta una serie de factores clave. Estos incluyen la influencia de las normativas pertinentes en las prácticas de laboratorio, una planificación meticulosa, el diseño cuidadoso de los experimentos y la supervisión efectiva de las actividades que se llevarán a cabo en el laboratorio.

Cada equipo debe ser identificado, incluyendo información vital como el modelo, número de serie y demás datos de identificación proporcionados por el fabricante. Asimismo, se deberá establecer un protocolo claro para la comunicación con los proveedores, destacando la importancia de contar con información actualizada de las personas de contacto, facilitando así cualquier gestión relacionada con equipos e infraestructura. La fecha de recepción y puesta en funcionamiento de cada equipo se deberá registrar minuciosamente, permitiendo una planificación efectiva para su mantenimiento oportuno.

¿Qué es un experimento?

El término "experimento" se puede abordar desde al menos dos perspectivas, una de naturaleza general y otra particular. Desde un enfoque general, se refiere a la acción de llevar a cabo un procedimiento y observar las consecuencias de dicha acción, como se detalla en el trabajo de Babbie (1979). Este uso coloquial del término se ejemplifica cuando se habla de "experimentar", por ejemplo, al mezclar sustancias químicas y observar sus reacciones, o al cambiar el peinado y observar el impacto en los demás. La esencia de esta interpretación de "experimento" radica en la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

Por otro lado, la acepción particular del término, más alineada con un enfoque científico, se refiere a un "estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el

investigador". Aunque esta definición pueda parecer compleja, su sentido se aclara al desglosar sus componentes. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

Desde la perspectiva general del término "experimento", se podrían considerar como tales los preexperimentos, los experimentos "verdaderos" y los cuasiexperimentos, ya que todos implican la acción de llevar a cabo un cambio y medir sus efectos. Por otro lado, desde la segunda acepción (que se ha denominado "particular"), solo los experimentos "puros" serían reconocidos como "experimentos", equiparando ambos conceptos. En este capítulo, se centrará específicamente en los experimentos "verdaderos o puros". (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

Manipulación de variables en un experimento

La manipulación o modificación de una variable independiente puede realizarse en diferentes grados, siendo el nivel mínimo de manipulación dos: presencia o ausencia de la variable independiente. Cada grado de manipulación implica la formación de un grupo en el experimento.

En el caso de la presencia-ausencia, un grupo experimenta la presencia de la variable independiente, mientras que otro grupo no la experimenta. Luego, ambos grupos se comparan para determinar si hay diferencias entre el grupo expuesto y el no expuesto a la variable independiente. En ejemplos anteriores, como el estudio sobre el posible efecto del contenido antisocial en la televisión sobre la conducta agresiva de ciertos niños, un grupo se expuso a la variable independiente, siendo denominado "grupo experimental", mientras que el grupo sin exposición se llama "grupo de control". Ambos grupos participan en el experimento. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

La presencia de la variable independiente se conoce comúnmente como "tratamiento experimental" o "estímulo experimental". En otras palabras, el grupo experimental recibe la exposición a la variable independiente, mientras que el grupo de control no recibe este tratamiento. Por ejemplo, al investigar la eficacia de un medicamento, el grupo experimental recibe el medicamento, mientras que el grupo de control recibe un placebo.

Es importante destacar que la participación del grupo de control no es pasiva; realiza las mismas actividades que el grupo experimental, excepto la exposición al

estímulo. En casos donde es difícil definir la no exposición al estímulo, se busca que ambas condiciones sean lo más similares posible, excepto en la variable independiente.

En algunos experimentos, la variable independiente se manipula en más de dos grados. Por ejemplo, en el estudio sobre el efecto del contenido antisocial en la televisión, se podría exponer a diferentes grupos a niveles variados de violencia en los programas. Esto implica que existen más de dos niveles o cantidades de la variable independiente. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

Manipular la variable independiente en varios niveles presenta la ventaja de no solo determinar si la presencia de la variable independiente o tratamiento experimental tiene un efecto, sino también de establecer si diferentes niveles de la variable independiente tienen impactos distintos. Es decir, se busca entender si la magnitud del efecto (Y) está vinculada a la intensidad del estímulo (X1, X2, X3, etc.). Sin embargo, la pregunta sobre cuántos niveles de variación deben incluirse no tiene una respuesta precisa. Se sugiere que debe haber al menos dos niveles de variación, y es esencial que difieran entre sí. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

La cantidad de niveles de variación requeridos en un experimento puede depender del problema de investigación, la revisión de estudios previos (antecedentes) y la experiencia del investigador. En términos generales, se puede afirmar que más niveles proporcionan más información, pero también aumentan la complejidad del experimento. Cada nivel adicional implica la necesidad de incorporar un grupo adicional en el diseño experimental. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

2.3. ESTADO DEL ARTE

Las guías y laboratorios modernos están fuertemente influenciados por la tecnología y la conectividad en línea, lo que permite un aprendizaje más interactivo y colaborativo, así como investigaciones más avanzadas y eficientes. Además, se promueve un enfoque interdisciplinario y práctico en la educación y la investigación. La universidad Santo Tomás ha propuesto diferentes guías de laboratorio para implementar en sus laboratorios, también posee algunos manuales de uso de los equipos que se encuentran disponibles en las áreas de trabajo.

Los laboratorios virtuales son flexibles, permiten a los estudiantes modificar los valores de las diferentes variables estudiadas y explorar los resultados experimentales más rápido que en un laboratorio tradicional o remoto. Los estudiantes pueden mejorar sus habilidades y conocimientos a través de un laboratorio virtual realizando prácticas de forma segura muy cercanas a la realidad. (Tecnológico de Monterrey, 2022)

Solo los laboratorios acreditados pueden asegurar la trazabilidad y fiabilidad de los resultados de las calibraciones. A su vez, cuentan con la competencia para demostrar que se cumplen los requisitos especificados relativos a un producto, en este caso, los instrumentos de medición que son objeto de calibración.

Los laboratorios de calibración acreditados abarcan una amplia variedad de magnitudes de la física y la química (electricidad, temperatura, óptica, dimensional, fuerza, pH, conductividad, etc.) en una gran diversidad de equipos, instrumentos de pesaje, máquinas de ensayos mecánicos, medidores eléctricos, recipientes volumétricos, etc. que prestan sus servicios a todo tipo de industrias. (ONAC, 2008)

Universidades del entorno de la ingeniería han realizado trabajos relacionados con el problema que se va a tratar. Se tomó el ejemplo de dos trabajos de grado: La primera es de la universidad Anáhuac de México, que desarrollo dicho trabajo a partir de dos objetivos que son: Describir la operación de los equipos usados en el laboratorio. Mostrar al operador el uso, mantenimiento y cuidado adecuado de los equipos, fomentando el seguimiento de las recomendaciones del fabricante. (Facultad de Ingeniería, 2019). La segunda tesis es de la universidad pontificia javeriana de Colombia, donde se desplegaron cuatro objetivos para explicar el manual, estos ítems son: 1. Entender el significado de densidad y su utilización en la teoría de los medios continuos. 2. Conocer las diferentes clases de densidades.

3.Utilizarlos diferentes métodos para la determinación de densidades medias de sólidos y líquidos. 4.Usar diferentes instrumentos de laboratorio. (A.Mejia y J.Yory, 2017)

Un experimento se lleva a cabo con el propósito de investigar, demostrar o validar teorías, principios o conceptos en un área específica de estudio. Los experimentos suelen ser una parte integral de disciplinas científicas y técnicas, pero también se aplican en campos como las ciencias sociales y humanidades, aunque con enfoques metodológicos distintos. (Villacrez, V, 2017).

El término experimento puede tener dos significados: uno general, que se refiere a tomar una acción y observar sus consecuencias, y otro más específico relacionado con la investigación científica, donde se manipulan variables para analizar sus efectos en una situación controlada. Los experimentos tienen 3 requisitos: La manipulación de una o más variables, medir el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, control o validez interna de la situación experimental. (Hernández Sampieri Roberto Fernández Collado, Baptista Lucio, 1997)

3. CARACTERIZAR LOS RECURSOS CON LOS QUE CUENTA LA UNIVERSIDAD EN LOS LABORATORIOS DE TERMO FLUIDOS DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE BOGOTÁ.

En el desarrollo del primer objetivo específico se realizó la clasificación de los planes de estudio, a partir de esta clasificación se buscaron los contenidos en las diferentes asignaturas que hacen uso del laboratorio de hidráulica y de ciencias térmicas, para poder realizar un compilado de información de los equipos que son utilizados en los distintos planes de estudio que en este caso son 3 las facultades que hacen uso de estos laboratorios:

- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Civil
- Ingeniería Ambiental

Las fichas técnicas se realizaron a partir de la caracterización de la información de cada uno de los equipos seleccionados, esta información se tomó del laboratorio de hidráulica y ciencias térmicas de la Universidad Santo Tomás Sede Principal, además de esto se consultaron las hojas de información del proveedor para cada uno de los equipos.

A continuación, se presenta una tabla que brinda información sobre los equipos más importantes y que fueron seleccionados para realizar las prácticas de laboratorio, esta tabla también incluye los datos relevantes acerca de los mismos equipos como su fabricante y referencia. Además, se proporciona información sobre las facultades y materias que hacen uso de estos equipos, también se puede encontrar el número del anexo donde se puede encontrar información más detallada de cada uno de los equipos. (Ver tabla [1]).

Tabla de equipos y materias.

NOMBRE	REFERENCIA	FABRICANTE	ASIGNATURA	FACULTAD	ANEXO
Número de Reynolds	HM150.18	Gunt Hamburg	Sistemas de transporte de fluidos	Ingeniería Mecánica	Anexo A
	HM215	TecQuipment	Mecánica de fluidos	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica	Anexo A
Pérdidas de un sistema hidráulico por accesorios	H34	TecQuipment	Sistemas de transporte de fluidos	Ingeniería mecánica	Anexo A
	H16	TecQuipment			Anexo A
Bombas (serie y paralelo)	HM150.16	TecQuipment			Anexo A
Tubo Venturi	FME24	Edibon	Sistemas de transporte de fluidos	Ingeniería mecánica	Anexo A
			Mecánica de fluidos	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica	
Turbina Francis	HM150.20	Gunt Hamburg	Sistemas de transporte de fluidos	Ingeniería Mecánica	Anexo A

			Sistemas de transformación de energía	Ingeniería Mecánica	
			Mecánica de fluidos	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica	
Turbina Pelton	H19	TecQuipment	Sistemas de transporte de fluidos	Ingeniería Mecánica	Anexo A
			Sistemas de transformación de energía	Ingeniería Mecánica	
			Mecánica de fluidos	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Mecánica	
Caldera Automática Vapor Vertical	D72L150	Ingenium	Termodinámica	Ingeniería Mecánica	Anexo A
			Transferencia de Calor	Ingeniería Mecánica	

Tabla [1]. Lista de equipos.

En la consolidación de cada una de las fichas técnicas de los equipos que fueron seleccionados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio se tuvieron en cuenta distintos pasos en cuanto a su desarrollo.

- En primer lugar, se definió el objetivo y el propósito de cada una de estas fichas, especificando su utilidad durante la realización de prácticas de laboratorio.
- Luego se realizó un compilado de información de los equipos del laboratorio de hidráulica y ciencias térmicas.

- Cuando ya se obtuvo la información necesaria de cada uno de los equipos seleccionados, se realizó la organización de la información que se obtuvo y se plasmó de una manera estructurada y coherente para hacer un método más sencillo de su comprensión.
- En el apartado visual se seleccionó un formato y diseño adecuado que mejoran la legibilidad y la estética de la ficha técnica donde quede de una manera más óptima su información.

Recursos de los laboratorios

Adicional a la información recopilada de los equipos de laboratorio, es importante también considerar los espacios físicos y la disponibilidad de recursos con los que cuentan cada uno de los laboratorios evaluados ya que permite tener una noción del lugar donde se realizaran las prácticas. Los recursos fueron consolidados en la siguiente tabla. (Ver tabla [2]).

LABORATORIO/ESPECIFICACIONES	Hidráulica	Ciencias Térmicas
Área	35m ²	20m ²
Número de Sillas	18	10
Capacidad Estudiantes	24	24
Capacidad Estudiantes por práctica	12	12
Recursos Didácticos	Tv, tablero, cámara Poly estudio	Tablero
Auxiliares de Laboratorio	Si aplica	Si aplica
Suministro - Consumo		
Agua	3,6-4,8L/ min	6,6 m ³ /h
Energía Eléctrica	110V bifásica	220V trifásica
Combustible	0	6,6 m ³ /h

Tabla [2]. Especificaciones del laboratorio.

Una de las ventajas clave del desarrollo de fichas técnicas es su capacidad para ser actualizadas en formato a lo largo del tiempo. Con los datos recopilados se realizó el formato de cada una de estas fichas divididas por 8 secciones:

- Primera sección se encuentra la información de la guía (versión, número, fecha, forma).
- Segunda sección se encuentra información sobre las personas que la desarrollaron, concepto y la información de contacto.
- Tercera sección se muestra la información general del equipo como lo es el modelo, fabricante, donde se encuentra ubicado, los accesorios con los que cuenta cada equipo, el estado en el que se encuentra cada uno de los equipos seleccionados.
- Cuarta sección se pueden ver los componentes básicos con los que cuenta cada equipo y una foto de dicho equipo.
- Quinta sección se evidencia las prácticas que se pueden desarrollar, el espacio académico en el que son utilizados, el tipo de equipo qué es (investigación o académico) y los parámetros de operación que tiene cada uno de estos.
- Sexta sección se encuentran los instrumentos de operación con los que cuenta cada equipo y el rango de operación que estos tienen.
- Séptima sección de las fichas técnicas se encuentran los requerimientos de operación para cada equipo de los cuales pueden trabajar con agua, energía eléctrica o combustible.
- Octava sección se encuentran los elementos de protección personales de uso obligatorio en cada laboratorio, el método de limpieza que tiene cada equipo (en el laboratorio de hidráulica los equipos que fueron seleccionados hacen un recirculamiento de agua durante su uso), y la respectiva señalización de prevención que es usada en cada equipo.

Para el desarrollo de la ficha se tomaron distintos ejemplos de las fichas técnicas consultadas previamente para obtener información de cada uno de los equipos, cada proveedor de los equipos como GUNT HAMBURG, TecQuipment, Edibon manejan un consolidado de información de sus equipos similar. Teniendo en cuenta cada una de estas fichas de los proveedores de los equipos, se lleva a cabo el diseño de la ficha técnica que se muestra en la siguiente tabla.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO				
1	Versión		Número	
	Forma		Fecha	
2	Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastián		
	Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
	Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
3	Modelo		Ubicación	
	Fabricante		Accesorios	
	Fecha de Adquisición		Estado	
COMPONENTES				
4			FOTO DEL EQUIPO	

5				
	Prácticas que se pueden desarrollar		Parámetros de operación	
	Espacio Académico			
Tipo				
Tipo Académico				
Tipo Investigación				
OPERACIÓN				
6	Instrumentos		Rango	
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN				
7	Agua	Tipo		
		Diámetro de Conexión		
		Temperatura		
	Energía Eléctrica	Potencia		
8	Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención	
	Uso Obligatorio de Bata			

8	Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
	Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [3]. Diseño de ficha técnica

Las fichas técnicas cuentan con el aval de aprobación de la directora de laboratorios Jeimy Mercedes Poveda Ávila, posterior a la revisión del diseño implementado.

4. DEFINIR LAS RUBRICAS DE EVALUACIÓN DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y LAS COMPETENCIAS QUE SE VAN A DESARROLLAR EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.

Las rúbricas de evaluación son herramientas esenciales en las guías de las prácticas de laboratorios, ya que proporcionan un marco claro y consistente para la valoración del desempeño de los estudiantes. Estas guías no solo estandarizan el proceso de evaluación, sino que también facilitan a los estudiantes una comprensión precisa de las expectativas y los criterios que deben cumplir. Al recalcar las competencias presentes en los syllabus de cada una de las asignaturas consideradas para realizar estas rúbricas. Competencias claves como el diseño experimental, la precisión en la toma de datos, el análisis de resultados y la presentación de informes, las rúbricas permiten a los estudiantes identificar sus fortalezas y áreas de mejora, promoviendo un aprendizaje más profundo y un mayor desempeño. Las rúbricas son una herramienta de gran ayuda para el docente a la hora de la calificación, ya que su experiencia y juicio hacen una sinergia efectiva al usarlas. Los docentes no solo interpretan y aplican los criterios establecidos, sino que también proporcionan retroalimentación constructiva y orientada al desarrollo individual de cada estudiante. (Universidad Tecnológica Metropolitana, 2018)

Las rubricas de evaluación para cada práctica de laboratorio se realizaron a partir de la recopilación de información de los documentos institucionales de la universidad Santo Tomás sede principal, estos documentos fueron el syllabus y los aspectos curriculares de las facultades de ingeniería ambiental, civil y mecánica. Las cuales hacen uso y desarrollo del laboratorio de hidráulica y el laboratorio donde está ubicada la caldera. Ya que al revisar los planes de estudio de cada uno de estos programas académicos ya mencionados se puede realizar una rubrica de evaluación única y específica para las prácticas en los laboratorios, debido a que los espacios académicos que hacen uso de los laboratorios son similares en cada programa para así poder crear una rubrica de calificación para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

Posterior a analizar los planes de estudio de los programas de pregrado de las facultades de ingeniería mecánica, ingeniería civil e ingeniería ambiental, que hacen uso de los laboratorios de hidráulica y la caldera las materias que fueron seleccionadas para el desarrollo de las rubricas de evaluación están alojadas en la tabla reflejada a continuación. (ver tabla [4]).

FACULTAD	ASIGANTURA	COMPETENCIAS	RESULTADOS DE APRENDIZAJE
Ingeniería Mecánica	Termodinámica	Realizar el diseño en detalle de un sistema (mecánico, térmico, hidráulico, etc.) realizando memorias de cálculo y documentación gráfica aplicando metodologías y normas de ingeniería.	Analiza los diferentes ciclos termodinámicos, mediante la aplicación de las cuatro leyes de la termodinámica.
	Sistema de transporte de fluidos	Realizar el diseño en detalle de un sistema (mecánico, térmico, hidráulico, etc.) realizando memorias de cálculo y documentación gráfica aplicando metodologías y normas de ingeniería.	Selecciona de manera adecuada los equipos hidráulicos necesarios para solucionar un problema de ingeniería.
	Mecánica de fluidos	Aplicar conocimientos de matemáticas y ciencias en la solución de problemas de ingeniería.	Establece el modelo físico o matemático que relaciona las variables que definen el comportamiento dinámico de un fluido.

	Transferencia de calor	Aplicar conocimientos de matemáticas y ciencias en la solución de problemas de ingeniería.	Resuelve problemas de ingeniería donde se presente transferencia de calor a partir de la identificación de los mecanismos involucrados (Conducción, Convección y Radiación).
Ingeniería Civil	Tuberías y Canales	Resolver problemas complejos de transporte de fluidos a través de la aplicación de prácticas a tuberías y canales para la clasificación de los movimientos de fluidos y principios de ingeniería, ciencia y matemáticas.	Analiza el comportamiento de los fluidos cuando circula por un vertedero, tanto de pared delgada como gruesa, para su uso como estructura de medición de caudales.
	Mecánica de fluidos	Desarrollar experimentaciones adecuadas para el análisis del comportamiento de la dinámica de los fluidos y la generación de modelos simples, aplicados a las obras civiles.	Describe los parámetros adimensionales Pi que caracterizan el comportamiento de un fluido, para la planeación de un experimento.

Ingeniería Ambiental	Mecánica de fluidos	Calcular aplicaciones de la ley de conservación de la masa, ecuación de Bernoulli y ecuación general de la energía.	En un sistema de flujo de un líquido a presión, Calcula la energía añadida y la energía retirada, la potencia, la eficiencia mecánica de bombas y motores hidráulicos.
		Diseña hidráulicamente sistemas de conducción de fluidos a presión.	Calcula las pérdidas por fricción en tuberías con flujo de líquidos a presión con régimen laminar o turbulento.

Tabla [4]. Facultades, competencias y resultados de aprendizaje.

En el marco del sistema institucional de evaluación de los aprendizajes, el programa diseñó las rutas para el seguimiento al logro de competencias y resultados de aprendizaje. a través del comité curricular, se establecieron los instrumentos de evaluación para cada uno de los tres tercios de formación que dan cuenta cómo el estudiante ha avanzado en el desarrollo de competencias y resultados de aprendizaje durante el proceso formativo, para tal fin se terminaron los siguientes semestres esenciales para el seguimiento: tercero, sexto y octavo semestre, considerados como de mayor importancia por los espacios académicos que allí se orientan. a continuación, se describen los mecanismos de evaluación definidos por el programa. (Facultad de Ingeniería Mecánica, 2023)

- El primer tercio de formación será un proyecto centrado en el espacio académico de mecánica de sólidos I (Estática en el nuevo plan), que pertenece al área de diseño. Adicionalmente, el estudiante podrá gestionar la unificación de sus proyectos de curso, con los espacios académicos de dibujo de máquinas, taller de fabricación, ingeniería de materiales y expresión gráfica. Las competencias del tercio de formación son las siguientes.(Facultad de Ingeniería Mecánica, 2023):

1. Solución de problemas: Aplica conocimientos en ciencias para la solución de problemas de ingeniería mediante el modelamiento matemático

2. Diseño: Formula un problema de diseño a partir de una necesidad utilizando una metodología de diseño
3. Comunicación: Comunica efectivamente con el lenguaje técnico y claridad de expresión apropiada

- El segundo tercio de formación será un proyecto centrado en el espacio académico de sistemas de transporte de fluidos (Turbomáquinas en el nuevo plan), que pertenece al área de termo fluidos. Adicionalmente, el estudiante podrá gestionar la unificación de sus proyectos de curso, con los espacios académicos: diseño de estructuras de máquinas, transferencia de calor, procesos de conformado y procesos de mecanizado y unión. Las competencias para evaluar son las siguientes. (Facultad de Ingeniería Mecánica, 2023):

1. Solución de problemas: Propone un procedimiento o metodología para la solución problemas en ingeniería.
2. Diseño: Determina la mejor alternativa de solución factible teniendo en cuenta las especificaciones, requerimientos y restricciones.
3. Comunicación: Comunica efectivamente mediante expresión gráfica en ingeniería de acuerdo con la normativa indicada.
4. Trabajo en equipo: Establece responsabilidades en un equipo acorde con las metas y objetivos propuestos. Comunica de manera funcional y efectiva, cumpliendo el alcance y desarrollo de los objetivos.
5. Experimentos: Desarrolla pruebas experimentales para validar una teoría a partir del método científico.
6. Aprendizaje autónomo: Desarrolla estrategias de búsqueda autónoma de información aplicables al contexto del proyecto, siguiendo un criterio propio. Implementa metodologías de trabajo adecuadas para el desarrollo de habilidades de manera autónoma.

- En el último tercio de formación no se implementarán pruebas experimentales ya que está enfocado al proyecto integrador.

Las rubricas de evaluación de las guías de las prácticas de laboratorio se consolidó, a partir de la información recopilada de los documentos mencionados anteriormente, archivos proporcionados por la universidad santo tomas sede principal. Estructuralmente la rúbrica está dividida en cuatro secciones. La primera sección es el nombre de la práctica que se realizó. La segunda sección está contenida por los cinco criterios de calificación, comenzando por ineficiente, deficiente, aceptable, bueno y excelente. La tercera sección incluye las

competencias y la descripción de cada una de ellas extraídas de las materias consideradas para elaborar las guías de laboratorio, las competencias son las siguientes: experimentos, aprendizaje autónomo, trabajo en equipo e informe de laboratorio. La cuarta y última sección consiste en la explicación detallada de los criterios de evaluación, junto con la descripción de las competencias previamente mencionadas. (Ver Tabla [8]).

1	Laboratorio	Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	2
	Experimentos						
	Aprendizaje Autónomo						
	Informe de laboratorio						
	Trabajo en Equipo						
	3			4			

Tabla [5]. Esquema de rubrica de evaluación.

5. DESARROLLAR EL MODELO DE GUÍA DE LABORATORIO PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA DIVISIÓN DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.

En el desarrollo del tercer objetivo específico, las guías para las prácticas de laboratorio fueron diseñadas a partir de la información recolectada de los equipos que fueron seleccionados y de los planes de estudio de las ingenierías que hacen uso de este recurso de los laboratorios de hidráulica y de ciencias térmicas. Esto se realizó con el fin de que los equipos como los planes de estudio estén de una manera acorde con los objetivos y las competencias requeridas en los programas (Ingeniería, ambiental, ingeniería mecánica, ingeniería civil).

A continuación, se presenta el desarrollo y los criterios pertinentes que se tuvieron para la elaboración de esta misma:

- En primer lugar, se definió cual es el objetivo y el propósito que tiene cada una de estas guías de laboratorio y para que vayan a ser útiles en el momento de realizar una práctica de laboratorio.
- Se evaluaron los elementos mínimos que debe tener una guía de practica para laboratorio.
- Seguido a esto, se realizó un compilado de información de los planes de estudio y de los equipos del laboratorio de hidráulica y ciencias térmicas que van a ser utilizados para el desarrollo de estas guías de laboratorio.
- Cuando ya se obtuvo la información necesaria de cada uno de los equipos y de las materias que fueron seleccionados para la realización de las prácticas de laboratorio. Se realizó la organización de la información que se obtuvo y se plasmó de una manera estructurada y coherente para hacer un método más sencillo de su comprensión.
- En el apartado visual se seleccionó un formato y diseño adecuado que mejoran la legibilidad y la estética de la guía de laboratorio donde se ve de una manera más optima su información.
- Se realizaron pruebas de laboratorio revisando si la guía estaba en condiciones profesionales para verificar su diseño de contenido.
- Realizada estas pruebas se hicieron las correcciones pertinentes y se obtuvo el diseño final de la guía para las prácticas de laboratorio.

Con la información obtenida se procedió a realizar la estructura de las guías de laboratorio que está dividida en 13 secciones. (Ver figura [1]).

- En la sección número uno, se encuentra información general del laboratorio que va a ser desarrollado (nombre de la práctica, referencia del equipo, espacio académico, semestre, docente, tiempo de la práctica, integrantes).
- En la sección número dos, se encuentra el objetivo que tiene el desarrollo de esta práctica de laboratorio.
- En la sección número tres, se encuentra las competencias evaluativas que tiene esta práctica de laboratorio, estas fueron tomadas de las rubricas de evaluación.
- En la sección número cuatro, están las precauciones generales que deben tener los estudiantes para la manipulación de los equipos (uso EPP).
- En la sección número cinco, se encuentran los conceptos que el estudiante debe tener de una manera clara antes de empezar a realizar la práctica de laboratorio.
- En la sección número seis, se encuentra una foto guía del equipo con cada una de sus partes para su fácil uso y manipulación.
- En la sección número siete, están las fórmulas que son utilizadas para el desarrollo de la práctica de laboratorio.
- En la sección número ocho, se encuentran las variables de medición, cada una de estas variables están con su respectiva unidad.
- En la sección número nueve, se encuentra una pequeña descripción del equipo que contiene los componentes y los requerimientos de operación de este mismo.
- En la sección número diez, está la metodología donde se incluyen los pasos específicos para realizar cada parte del experimento desde la preparación inicial del equipo hasta la recopilación de datos.
- En la sección número once, se encuentra el espacio para que los estudiantes realicen la toma de datos de la respectiva practica de laboratorio en la que estén trabajando.
- En la sección número doce, está el espacio para que los estudiantes realicen en respectivo análisis de resultados de la práctica.
- En la sección número trece se encuentra el apartado de las referencias bibliográficas que fueron utilizadas en la sección número cinco.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión
		Fecha:
INFORME DE LABORATORIO		
1	Nombre de la práctica	
	Equipo	
	Espacio Académico	
	Semestre	
	Docente	
	Tiempo de la práctica	
	Integrantes	
2	OBJETIVO	
3	COMPETENCIAS EVALUATIVAS	
	Experimentos	
	Aprendizaje Autónomo	
	Informe de Laboratorio	
	Trabajo en Equipo	
4	PRECAUCIONES GENERALES	
5	CONCEPTOS PREVIOS	
	NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	

6	EQUIPO
7	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA
	Formulas aplicadas en la práctica de laboratorio
8	VARIABLES DE MEDICIÓN
9	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
	Componentes
10	Requerimientos de operación
10	METODOLOGÍA
11	TOMA DE DATOS
12	ANÁLISIS DE RESULTADOS
13	REFERENCIAS

Figura [1]. Diseño Guía de laboratorio.

La guía se estructuró a partir del criterio propio de los tesistas, ya que se basaron en la creación un material didáctico que resultara más atractivo y accesible para los estudiantes. Ya que con un enfoque que va dirigido a la pedagogía se motiva más al estudiante a que tenga una mejor preparación en su vida profesional con el manejo de los equipos haciendo uso de los recursos visuales que proporcionan las guías para las prácticas de laboratorio en hidráulica y ciencias térmicas.

6. VALIDAR EL MODELO A TRAVÉS DE LA EJECUCIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.

El desarrollo del último objetivo se llevó a cabo mediante la realización de las prácticas seleccionadas por parte de los tesisistas, quienes recolectaron los datos necesarios y realizaron los cálculos pertinentes, siguiendo la guía diseñada en el tercer objetivo. Los resultados se presentan en el anexo D de este trabajo de grado. Además, se incluyen imágenes que respaldan la implementación de algunas las guías de las prácticas seleccionadas.

Para validar el modelo mediante la ejecución de las prácticas de laboratorio seleccionadas, se remitió al objetivo anterior (Tercer objetivo específico), en este objetivo, se desarrollaron los diseños de las guías de cada una de las prácticas de laboratorio seleccionadas para su ejecución. Este proceso se llevó a cabo en colaboración con diferentes docentes de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Santo Tomás Sede Principal. Se utilizaron las guías diseñadas de cada una de las prácticas seleccionadas para realizar las pruebas de laboratorio correspondientes, validando la metodología enunciada en cada una de las guías.

Para el desarrollo del objetivo se tuvo en cuenta cada sección que tienen las guías de laboratorio.

- Antes de comenzar las prácticas de laboratorio, se revisó detenidamente el concepto teórico de cada una de ellas.
- A continuación, se identificó el equipo necesario para cada práctica junto con sus componentes, utilizando la ficha técnica desarrollada en el capítulo 1.
- Se identificaron las variables y las fórmulas utilizadas en el desarrollo de cada práctica de laboratorio.
- Con base en los pasos anteriores, se procedió a implementar la metodología detallada en cada una de las guías seleccionadas.
- Durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio, se recogieron los datos correspondientes a las distintas modificaciones realizadas en el equipo.
- Con los datos obtenidos, se procedió a calcular las variables a analizar, apoyándose en la sección de fórmulas de la guía.

- Finalmente, con los valores obtenidos de las variables, se llevó a cabo el análisis de datos para concluir cada práctica de laboratorio.

Las rúbricas de evaluación desempeñan un papel crucial en la implementación de las guías de laboratorio, ya que, gracias a los docentes que supervisan las prácticas, se validan las competencias descritas en cada rúbrica. Esto demuestra practicidad y eficacia al calificar la entrega del informe de la guía de laboratorio por parte del estudiante.

Las guías para las prácticas de laboratorio están en revisión final por parte de los decanos de cada una de las facultades que hacen uso de los laboratorios de hidráulica y de ciencias térmicas (ingeniería ambiental, ingeniería civil, ingeniería mecánica), este proceso asegura que el contenido que se encuentra en cada una de las guías cumple los requisitos para que sean empleadas en las prácticas de laboratorio y este alineado con las rubricas de evaluación, promoviendo un aprendizaje integral y de una manera actualizada para los estudiantes.

Se diseñó una lista de asistentes donde se valida el desarrollo de las guías para prácticas de laboratorio donde se encuentra: Fecha, nombre, práctica realizada y observaciones.

Fecha	Nombre	Práctica Realizada	Observaciones

Tabla [6]. Lista de personas que realizan las prácticas de laboratorio.

7. CONCLUSIONES

La realización de la caracterización de los recursos que se encuentran disponibles en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás Sede Principal de la división de ingenierías facilita una gestión eficiente de los equipos que se encuentran en los laboratorios y asegura que la enseñanza y la realización de las prácticas de laboratorio se desarrollen en un entorno adecuado fomentando el fortalecimiento y la formación académica de los estudiantes.

La definición de las rúbricas de evaluación basadas en los resultados de aprendizaje y las competencias da una garantía en el proceso de evaluación, haciendo que este sea justo y objetivo, ya que con este enfoque se permite medir el progreso de los estudiantes en el dominio de las habilidades técnicas y en el desarrollo de las competencias para el crecimiento académico y profesional.

La creación de un modelo de guía para los estudiantes de la Universidad Santo Tomás Sede Principal promueve el crecimiento profesional ya que el enfoque está basado en la creación de un material didáctico que los ayude para tener buenos resultados en la realización de las prácticas de laboratorio haciendo un buen uso y manipulación de los equipos.

La validación del modelo de guía de laboratorio para la realización de las prácticas que fueron seleccionadas permite evaluar su funcionalidad y eficacia en el contexto práctico, asegurando que el contenido sea el adecuado para adaptarse a las necesidades académicas, mejorando la calidad de las experiencias que se pueden obtener en los laboratorios.

8. ANEXOS

8.1 ANEXO A FICHAS TÉCNICAS

Las fichas técnicas de los equipos seleccionados se desarrollaron a partir del diseño seleccionado y mencionado en el primer objetivo específico.

Equipo HM215 TecQuipment Número de Reynolds.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastián		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	H215	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	TecQuipment	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2014	Estado	1
COMPONENTES			

		FOTO DEL EQUIPO	
			
Tanque de tinta, aguja inyectora de tinta, tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico, tanque de almacenamiento, esferas de vidrio, tubería de rebose, tubería plástica, tubería de descarga.			

Prácticas que se pueden desarrollar	Número de Reynolds	Parámetros de operación	Flujo, presión, caudal.
	Tipo de Flujo		
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
	Mecánica de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Rango de temperatura		5°C a 40°C	
Rango de humedad relativa		80% a temperaturas <31°C	

Presión		2 bar
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m ³ /s
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN		
Agua	Tipo	Normal
	Diámetro de Conexión	1 1/2"
	Temperatura	Ambiente
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [7]. Ficha técnica Equipo HM215 TecQuipment Número de Reynolds.

Equipo HM150.18 Gunt Hamburg Numero de Reynolds.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	HM150.18	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	Gunt Hamburg	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2018	Estado	10

COMPONENTES			
Depósito para tinta con tubo de alimentación, depósito de alimentación con esferas de vidrio, esferas de vidrio, rebosadero, válvula de control.		FOTO DEL EQUIPO	
			
Prácticas que se pueden desarrollar	Número de Reynolds	Parámetros de operación	Flujo, presión, caudal.
	Tipo de Flujo		
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
	Mecánica de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Depósito de alimentación		2200mL	
Sección de tubo		Longitud 675mm Diámetro interior 10mm	

Depósito de tinta		250 mL
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m ³ /s
Presión		2 bar
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN		
Agua	Tipo	Normal
	Diámetro de Conexión	1 1/2"
	Temperatura	Ambiente
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [8]. Ficha técnica Equipo HM150.18 Gunt Hamburg Numero de Reynolds.

Equipo FME24 Edibon Efecto Venturi.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	FME24	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	Edibon	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2018	Estado	10
COMPONENTES			
Manómetro, sistema de conexión rápida incorporada.		FOTO DEL EQUIPO	
			

Prácticas que se pueden desarrollar	Determinación del teorema de Bernoulli	Parámetros de operación	Caudal, presión.
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
	Mecánica de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Tubo Venturi con lecho poroso de diámetro de grano		1,0 a 1,5 mm	
Tubo Venturi con lecho poroso de diámetro de grano		2,5 a 3,5 mm	
Tubo Venturi con lecho poroso de diámetro de grano		5,5 a 7,0 mm	
Presión		2 bar	
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s	
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN			
Agua	Tipo	Normal	
	Diámetro de Conexión	1 1/2"	
	Temperatura	Ambiente	
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención	
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A	
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad			
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo			

Tabla [9]. Ficha técnica Equipo FME24 Edibon Efecto Venturi.

Equipo HM150.16 Gunt Hamburg Bombas en paralelo y en serie

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	HM150.16	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	Gunt Hamburg	Accesorios	

Fecha de Adquisición	2018	Estado	10
COMPONENTES			
Depósito, rebosadero, toma de agua, grifo de bola, bomba, interruptores de bombas, manómetros		FOTO DEL EQUIPO	
			
Prácticas que se pueden desarrollar	Comportamiento de bombas en un circuito en serie y paralelo	Parámetros de operación	Caudal, potencia, presión
	Medición de caudales, presión y potencias		
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	

Depósito		13L
Bombas		Caudal máx.: 21L/min Altura de elevación max:12m
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s
Presión		2 bar
Manómetros		Presión entrada: 2x-1...1,5bar Presión salida:3x0...2,5bar
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN		
Agua	Tipo	Normal
	Diámetro de Conexión	1 1/2"
	Temperatura	Ambiente
Energía Eléctrica	Potencia	370W
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [10]. Ficha técnica Equipo HM150.16 Gunt Hamburg Bombas en paralelo y en serie.

Equipo H34 TecQuipment pérdidas por accesorios.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	H34	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	TecQuipment	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2014	Estado	8
COMPONENTES			
Curvatura de radio grande, ampliación, contracción, codos, inglete.		FOTO DEL EQUIPO	
			

Prácticas que se pueden desarrollar	Cálculo de pérdidas en sistemas de tuberías	Parámetros de operación	Caudal, presión
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Rango de temperatura		5°C a 40°C	
Rango de humedad relativa		80% a temperaturas <31°C	
Presión		2 bar	
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s	
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN			
Agua	Tipo	Normal	
	Diámetro de Conexión	1 1/2"	
	Temperatura	Ambiente	
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención	
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A	
Uso Obligatorio de Gafas			
Uso Obligatorio de Guantes			

Tabla [11]. Ficha técnica Equipo H34 TecQuipment pérdidas por accesorios.

Equipo H16 TecQuipment Pérdidas por Accesorios.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	H16	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	TecQuipment	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2014	Estado	7
COMPONENTES			
Dos circuitos expansión y contracción, válvula de compuerta, válvula de globo, codo 90°, inglete.		FOTO DEL EQUIPO	
			

Prácticas que se pueden desarrollar	Cálculo de pérdidas en sistemas de tuberías	Parámetros de operación	Caudal, presión
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Rango de temperatura		5°C a 40°C	
Presión		2 bar	
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s	
Rango de humedad relativa		80% a temperaturas <31°C	
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN			
Agua	Tipo	Normal	
	Diámetro de Conexión	1 1/2"	
	Temperatura	Ambiente	
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención	
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A	
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad			
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo			

Tabla [12]. Ficha técnica Equipo H16 TecQuipment Pérdidas por Accesorios.

Equipo HM150.20 Gunt Hamburg Turbina Francis.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastián		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	HM150.20	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	Gunt Hamburg	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2018	Estado	10
COMPONENTES			
Balanza de muelle, manómetro, rotor, álabes distribuidores.		FOTO DEL EQUIPO	
			

Prácticas que se pueden desarrollar	Determinar potencia Mecánica	Parámetros de operación	Flujo, presión.
	Determinar potencia hidráulica		
	Eficiencia		
	Caudal		
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos		
	Sistemas de transformación de energía		
	Mecánica de fluidos		
Tipo			
Tipo Académico	X		
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	
Manómetro		1 bar	
Álabes		Ancho 5mm	
		D. ext. 50mm	
Presión		1 bar	
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s	
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN			
Agua	Tipo	Normal	
	Diámetro de Conexión	1 1/2"	
	Temperatura	Ambiente	
Energía Eléctrica	Potencia	12W	

Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [13]. Ficha técnica Equipo HM150.20 Gunt Hamburg Turbina Francis.

Equipo H19 TecQuipment Turbina Pelton.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Modelo	H19	Ubicación	Laboratorio de hidráulica
Fabricante	TecQuipment	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2014	Estado	8
COMPONENTES			
Dinamómetro, manómetro, válvula de lanza		FOTO DEL EQUIPO	
			

Prácticas que se pueden desarrollar	Determinar potencia mecánica	Parámetros de operación	Flujo, presión.		
	Determinar potencia hidráulica				
	Eficiencia				
	Caudal				
Espacio Académico	Sistemas de transporte de fluidos				
	Sistemas de transformación de energía				
	Mecánica de fluidos				
Tipo					
Tipo Académico	X				
Tipo Investigación					
OPERACIÓN					
Instrumentos		Rango			
Manómetro		1 bar			
Álabes		Ancho 5mm			
		D. ext. 50mm			
Presión		1 bar			
Caudal		1,15E-05 - 8,09E-05 m^3/s			
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN					
Agua	Tipo	Normal			
	Diámetro de Conexión	1 1/2"			
	Temperatura	Ambiente			
Energía Eléctrica	Potencia	3,5W			

Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	N/A
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [14]. Ficha técnica Equipo H19 TecQuipment Turbina Pelton.

Equipo Caldera Automática Vapor Vertical Teknik.

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE LABORATORIO			
Versión	1	Número	
Forma		Fecha	
Realizado por	Mancera Santiago, Colmenares Sebastian		
Concepto	Trabajo de grado para optar por el título de ingeniería mecánica		
Información de contacto	nelsonmancera@usantotomas.edu.co sebastiancolmenares@usantotomas.edu.co		
Modelo	Caldera Automática Vapor Vertical	Ubicación	Laboratorio de Caldera
Fabricante	Tecnik	Accesorios	
Fecha de Adquisición	2015	Estado	9
COMPONENTES			

Suavizador de agua. Tanque de combustible. Tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM. Caldera de vapor de 6,12 o 15 BHP. Tanque de condensados. Distribuidor de vapor. Sobrecalentador eléctrico. Turbina de vapor de una o dos etapas. Condensador de vapor. Torre de enfriamiento con sus bombas. Generador de energía eléctrica monofásico. Tablero de consumo de energía. Tanques de agua fría y caliente. Intercambiadores de calor de Carcaza tubos y Placas. Tableros eléctricos auxiliares. Válvula PID de control de vapor. Caudalímetros y elementos de medición. HMI V700 Unitronics.		FOTO DEL EQUIPO 	
Prácticas que se pueden desarrollar		Parámetros de operación	Presión, potencia, electricidad, agua
Ciclo Termodinámico Sencillo			
Ciclo Rankine			
Espacio Académico			
Transferencia de Calor			
Termodinámica			
Tipo			
Tipo Académico		X	
Tipo Investigación			
OPERACIÓN			
Instrumentos		Rango	

Manómetro		0-125psi
Válvula de Seguridad		125 psi
Control de bajo nivel		6,6m3/h
REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN		
Agua	Tipo	Normal
	Temperatura	Ambiente
Energía Eléctrica	Potencia	6hp
ACPM	Consumo	6,6m3/h
Gas		
Elementos de Protección Personal	Limpieza	Señales de Prevención
Uso Obligatorio de Bata	Recirculamiento de agua	  
Uso Obligatorio de Gafas de Seguridad		 
Uso Obligatorio de Guantes de Nitrilo		

Tabla [15]. Ficha técnica Equipo Caldera Automática Vapor Vertical Teknik.

8.2 ANEXO B RÚBRICAS DE EVALUACIÓN

Las rúbricas de evaluación de las prácticas de laboratorio seleccionadas, se desarrollaron a partir del diseño realizado y mencionado en el segundo objetivo específico.

Rúbrica número de Reynolds.

Laboratorio número de Reynolds		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar la teoría de Reynolds especificamente la determinación del tipo de flujo, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría de Reynolds.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría de Reynolds.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría de Reynolds es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación de la teoría de Reynolds.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales de la teoría de Reynolds .	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema de la teoría de Reynolds.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría de Reynolds.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución a la teoría de Reynolds.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría de Reynolds de manera eficaz.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría de Reynolds de manera correcta.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la practica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [16]. Rúbrica de evaluación Laboratorio Número de Reynolds.

Rúbrica Efecto Venturi.

Laboratorio de Venturi		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar el efecto Venturi siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría del efecto Venturi.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría del efecto Venturi.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría del efecto Venturi es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación de la teoría del efecto Venturi.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales de la teoría del efecto Venturi.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema la teoría del efecto Venturi.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría del efecto Venturi.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución de la teoría del efecto Venturi.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría del efecto Venturi.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría del efecto Venturi.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la práctica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [17]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Venturi.

Rúbrica Perdidas por Accesorios.

Laboratorio de Pérdidas por Accesorios		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación del cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación del cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación del cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales del cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución al cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la practica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [18]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Pérdidas por Accesorios.

Rúbrica Bombas en serie y en paralelo

Laboratorio de Bombas en serie y en paralelo		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución a la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie de manera eficaz.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie de manera correcta.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la práctica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [19]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Bombas en serie y en paralelo.

Rúbrica Turbina Francis

Laboratorio de turbina Francis		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Francis, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Francis es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Francis.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución a la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis de manera correcta.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la práctica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [20]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Turbina Francis.

Rúbrica Turbina Pelton

Laboratorio de turbina Pelton		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Pelton, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Pelton es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Pelton.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema de una Turbina Francis.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución a la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento o y comportamiento de una turbina tipo Francis.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis de manera correcta.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la práctica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [21]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Turbina Pelton.

Rúbrica Ciclo Rankine

Laboratorio ciclo Rankine		Insuficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Experimentos	Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.	No lleva a cabo ni realiza ningún tipo de prueba experimental.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria ya que no sigue el procedimiento de la guía de laboratorio, lo que resulta en la falta de validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Proporciona una prueba experimental insatisfactoria aplicando el procedimiento de la guía de laboratorio, pero no logra validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Proporciona evidencia de pruebas experimentales y la aplicación del procedimiento de la guía de laboratorio, pero la validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine, es insuficiente o incompleta.	Proporciona la evidencia obtenida a partir del experimento realizado y describe el procedimiento de la guía de laboratorio, demostrando así la validación de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.
Aprendizaje Autónomo	Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y desarrollar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	No emplea ninguna fuente para respaldar, analizar o resolver el problema de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Se apoya en algunas fuentes secundarias y terciarias, lo que conduce a un enfoque incorrecto al argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Se basa en fuentes secundarias y terciarias, para dar un argumento, un análisis y una solución a la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Se vale de fuentes primarias, secundarias y terciarias adecuadas y actualizadas para argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine.	Se respalda en una amplia gama de fuentes primarias, secundarias y terciarias actualizadas y suficientes, lo que le posibilita argumentar, analizar y resolver la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo Rankine de manera correcta.

Informe de laboratorio	Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló	No realiza ni entrega un informe de la práctica desarrollada	El informe carece de estructura y cohesión, lo que dificulta la comprensión del contenido, además se requiere una mayor atención a la precisión y claridad de la información presentada.	El informe exhibe una estructura clara y coherente, pero no suficiente para la comprensión del contenido. La redacción es apropiada, mostrando un nivel aceptable de corrección gramatical y ortográfica.	El informe muestra una buena organización y profundidad en su contenido, lo que indica una comprensión sólida del tema. La redacción es clara y fluida, facilitando la comprensión de las ideas. Además, se observa un análisis detallado de los resultados.	El informe exhibe un alto nivel de organización y profundidad en su contenido, lo que refleja una comprensión sólida del tema. La redacción es excepcional, mostrando claridad y fluidez en la expresión de ideas. Se destaca un análisis detallado y sofisticado de los resultados.
Trabajo en Equipo	Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	La ausencia de organización y colaboración en equipo se traduce en resultados deficientes que no contribuyen a una solución efectiva.	Se puede percibir cierto nivel de organización y asignación de responsabilidades, pero lamentablemente, los resultados carecen de concreción y no contribuyen significativamente a la solución del problema.	Se evidencia una distribución de roles, aunque las responsabilidades de los miembros del equipo no están claras. Se logra el cumplimiento de algunas metas y objetivos propuestos, pero de manera parcial o limitada.	Se puede observar una clara distribución de roles y responsabilidades entre los integrantes del equipo, lo que ha llevado a algunos resultados que contribuyen al cumplimiento de la mayoría de los objetivos y metas propuestos.	Se evidencia una distribución de roles y responsabilidades acorde a las competencias y habilidades de cada integrante. Se presentan de manera clara las metas, alcances y objetivos propuestos del equipo.

Tabla [22]. Rúbrica de evaluación Laboratorio de Ciclo Rankine.

8.3 ANEXO C GUÍAS DE LABORATORIO

Las guías de laboratorio de la practicas seleccionadas, se desarrollaron a partir del diseño realizado y mencionado en el tercer objetivo específico.

Guía determinación de numero de Reynolds, equipo TecQuipment HM215.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinación Número de Reynolds	
Equipo	TecQuipment H215	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es proporcionar una comprensión más detallada y practica sobre el comportamiento de los fluidos en movimiento.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría de Reynolds siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría de Reynolds.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		

PRECAUCIONES GENERALES	
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.	
CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Flujo Laminar: El flujo laminar es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven en capas paralelas sin mezclarse ni generar turbulencias. ($Re < 2000$)	
Flujo Turbulento: Es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven de manera caótica e irregular, generando turbulencias y mezclándose entre sí. ($Re > 4000$)	
Flujo en Transición: El flujo en transición es un estado intermedio de un fluido que ocurre entre el régimen de flujo laminar y turbulento ($2000 < Re < 4000$)	
Número de Reynolds: Se trata de un número de carácter adimensional que establece la relación entre las fuerzas de tipo inercial y las viscosas de un fluido en constante movimiento. Se puede aplicar a cualquier tipo de fluido.	
EQUIPO	
	1. Tanque de Tinta
	2. Válvula de control para el flujo de tinta
	3. Aguja inyectora de tinta
	4. Tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico
	5. Tanque de almacenamiento en vidrio
	6. Esferas de vidrio
	7. Tubería de rebose
	8. Tubería plástica
	9. Válvula de descarga

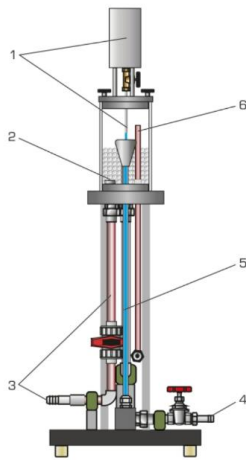
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA			
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio			
$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad Q = \frac{V}{T} \quad v = \frac{Q}{A}$	v	Velocidad	μ : Viscosidad dinámica del fluido
	Q	Caudal	ρ : Densidad
	V	Volumen	Re: Número de Reynolds
	A	Área	
	T	Tiempo	
VARIABLES DE MEDICIÓN			
Caudal (m^3/s), tiempo (s), velocidad (m/s), volumen(m^3/s), área (m^2), Viscosidad dinámica del fluido ($kg/(m*s)$), densidad (kg/m^3)			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Componentes: Tanque de tinta, válvula de control para el flujo de tinta, aguja inyectora de tinta, tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico, tanque de almacenamiento en vidrio, esferas de vidrio, tubería de rebose, tubería plástica, tubería de descarga, válvula de control.			
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.			
METODOLOGÍA			
A. Una vez instalado el equipo, verifique que todas las válvulas estén cerradas. El tanque de tinta debe contener azul de metileno para poder identificar el tipo de flujo.			
B. Encienda el banco de pruebas y abra la válvula de este. Ajuste el suministro de agua al equipo hasta que el nivel de agua en el tanque de almacenamiento de vidrio esté por encima de la tubería de rebosamiento (ver parte 7 equipo tubería de rebose).			
C. Para ajustar el flujo de tinta, abra el inyector y ajuste la válvula de salida de la tubería plástica.			
D. Cierre la válvula de tinta manteniendo la válvula de salida de la tubería plástica en la misma posición para medir el caudal utilizando una probeta de 300 mL y registrando el tiempo que toma en llenarse completamente (realice este proceso según la tabla de toma de datos).			

TOMA DE DATOS				
NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 (kg/(m*s)), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m ³), área de 7,854E-4 (m ²), diámetro de 0,1 (m).				
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	Tiempo promedio	Unidad (s)
		Q1		
		Q2		
		Q3		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	VALOR	Unidad (m ³ /s)
		Q1		
		Q2		
		Q3		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	Velocidad	VALOR	Unidad (m/s)
		v1		
		v2		
		v3		
NÚMERO DE REYNOLDS				
Haciendo uso de las ecuaciones en la sección de desarrollo de la práctica en este espacio escriba el número de Reynolds que obtuvo.				
ANÁLISIS DE RESULTADOS				
Analice el efecto del caudal sobre el número de Reynolds.				
REFERENCIAS				
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.				
[4] Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.				

Figura [2]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinación Número de Reynolds	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.18	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es proporcionar una comprensión más detallada y practica sobre el comportamiento de los fluidos en movimiento.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría de Reynolds siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría de Reynolds.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.		

CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Flujo Laminar: El flujo laminar es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven en capas paralelas sin mezclarse ni generar turbulencias. ($Re < 2000$)	
Flujo Turbulento: Es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven de manera caótica e irregular, generando turbulencias y mezclándose entre sí. ($Re > 4000$)	
Flujo en Transición: El flujo en transición es un estado intermedio de un fluido que ocurre entre el régimen de flujo laminar y turbulento ($2000 < Re < 4000$)	
Número de Reynolds: Se trata de un número de carácter adimensional que establece la relación entre las fuerzas de tipo inercial y las viscosas de un fluido en constante movimiento. Se puede aplicar a cualquier tipo de fluido.	
EQUIPO	
	1. Depósitos para tinta con tubo de alimentación
	2. Depósito de alimentación con esferas de vidrio
	3. Alimentación de agua
	4. Salida de agua con válvula de control
	5. Sección de tubo de vidrio
	6. Rebosadero

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA			
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio			
$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad Q = \frac{V}{T} \quad v = \frac{Q}{A}$	v	Velocidad	μ : Viscosidad dinámica del fluido
	Q	Caudal	ρ : Densidad
	V	Volumen	Re : Número de Reynolds
	A	Área	
	T	Tiempo	
VARIABLES DE MEDICIÓN			
Caudal (m^3/s), tiempo (s), velocidad (m/s), volumen(m^3/s), área (m^2), Viscosidad dinámica del fluido ($kg/(m*s)$), densidad (kg/m^3)			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Componentes: Tanque de tinta, válvula de control para el flujo de tinta, aguja inyectora de tinta, tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico, tanque de almacenamiento en vidrio, esferas de vidrio, tubería de rebose, tubería plástica, tubería de descarga, válvula de control.			
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.			
METODOLOGÍA			
A. Cerciórese que el equipo (Hm150.18) y el banco de pruebas (suministro de agua) tengan las válvulas cerradas.			
B. Llene el depósito de tinta, observando previamente que la válvula del tubo de alimentación este cerrada.			
C. Encienda el banco de pruebas y abra la válvula gradualmente hasta que el equipo con el que se está trabajando se llene al nivel del tubo de desagüe correspondiente.			

D. Abra gradualmente la válvula de control del equipo junto con la válvula de alimentación de tinta para observar el tipo de flujo. Luego, cierre la válvula de tinta manteniendo la válvula de control en la misma posición para medir el caudal utilizando una probeta de 300 mL y registrando el tiempo que toma en llenarse completamente (realice este proceso según el apartado de toma de datos).

TOMA DE DATOS

NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 (kg/(m*s)), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m³), área de 7,854E-4 (m²), diámetro de 0,1 (m).

CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	Tiempo promedio	Unidad (s)
		Q_1		
		Q_2		
		Q_3		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	VALOR	Unidad (m ³ /s)
		Q_1		
		Q_2		
		Q_3		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	Velocidad	VALOR	Unidad (m/s)
		v_1		
		v_2		
		v_3		

NÚMERO DE REYNOLDS

Haciendo uso de las ecuaciones en la sección de desarrollo de la práctica en este espacio escriba el número de Reynolds que obtuvo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS
• Analice el efecto del caudal sobre el número de Reynolds.
REFERENCIAS
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

Figura [3]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

Guía teoría efecto Venturi, equipo Edibon FME24.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Tubo de Venturi	
Equipo	Edibon FME24	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica analizar el comportamiento de la presión y la velocidad a través de los diferentes cambios de sección.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar el efecto Venturi siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales del efecto Venturi.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas y guantes		

CONCEPTOS PREVIOS				
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.				
Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.				
Efecto Venturi: El efecto Venturi se produce cuando un fluido pasa por el estrechamiento de un conducto; a medida que el fluido se acerca al estrechamiento, la velocidad aumenta, mientras que la presión estática disminuye. Por el contrario, cuando se aleja del estrechamiento, la velocidad disminuye y la presión estática aumenta.				
EQUIPO				



Manómetro, sistema de conexión rápida incorporada.

DESARROLLO DE LA PRACTICA				
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio				
$Q = \frac{V}{T}$	$v = \frac{Q}{A}$	$P = \gamma * \frac{h}{1000}$		
Q: Caudal	v: velocidad	V: Volumen	A: Área	T: Tiempo

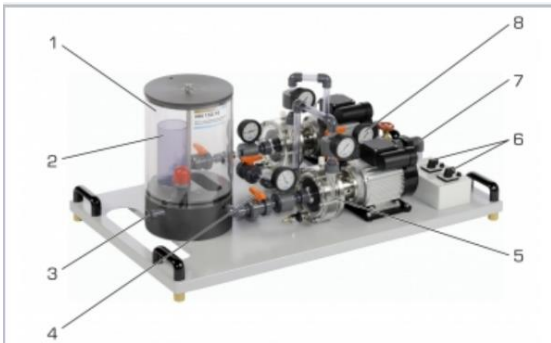
P : Presión	h : Altura cada tubo de agua	γ : Peso específico del agua			
VARIABLES DE MEDICIÓN					
área (m^2), caudal (m^3/s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m^3/s), presión (Pa)					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
Componentes: Manómetro, sistema de conexión rápida incorporada.					
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.					
METODOLOGÍA					
A. Cerciorar que el equipo tenga las válvulas cerradas.					
B. Conectar el sistema a los bancos de agua.					
C. Conectar la bomba al sistema del tubo de Venturi.					
D. Abrir por completo la válvula de caudal.					
E. Conectar un tubo de salida para depositar el agua en el otro banco de agua.					
F. Encender la bomba y cronometrar el tiempo de llenado.					
G. Tomar los datos de tiempo y las alturas de los tubos de agua (presión).					
H. Repetir el procedimiento para comparar los tiempos.					
I. Reducir el caudal de agua lo suficiente para tomar datos diferentes a analizar.					
J. Repetir el procedimiento de toma y muestra por un total de 5 caudales.					
TOMA DE DATOS					
NOTA: Asuma el peso específico del agua como $9810 \text{ (N/m}^3\text{)}$.					
CAUDAL	CAPACIDAD (ml)	CAPACIDAD (ml)	TIEMPO (s)	TIEMPO (s)	TIEMPO PROMEDIO (s)
Q1					
Q2					
Q3					
Q4					
Q5					
SECCIÓN	PRESIÓN Q1	PRESIÓN Q2	PRESIÓN Q3	PRESIÓN Q4	PRESIÓN Q5
A					
B					
C					
D					
E					

F					
G					
H					
ANÁLISIS DE DATOS					
Realice la determinación del caudal y a su vez de la velocidad de flujo a partir de la diferencia de presiones. Analice el efecto del flujo sobre la diferencia de presiones y viceversa.					
REFERENCIAS					
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.					
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.					

Figura [4]. Estudio de lechos porosos en tubos de venturi. FME24

Guía de laboratorio bombas en paralelo y en serie, equipo Gunt Hamburg HM150.16.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinar la curva característica de una bomba	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.16	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es estudiar el comportamiento de las bombas en un circuito en paralelo y en serie.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales del cálculo de bombas en paralelo y en serie.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas y guantes		
CONCEPTOS PREVIOS		

NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Pérdida de energía por fricción: Es la disminución de energía mecánica del fluido debido a la resistencia al flujo en las tuberías o conductos.	
Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.	
Ley de Darcy: Esta ley describe la relación entre la velocidad del flujo de un fluido a través de un medio poroso, el gradiente de presión y la permeabilidad del medio.	
EQUIPO	
	1. Depósito
	2. Rebosadero
	3. Toma de agua
	4. Grifo de bola
	5. Bomba
	6. Interruptores de bombas
	7. Desagüe
	8. Manómetro
DESARROLLO DE LA PRACTICA	
ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio	
$Hl = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \frac{V^2 \rho^2}{2g}$	$\frac{0,25}{\log\left(\frac{1}{3,7 * \frac{D}{E}} + \frac{5,74}{RE \rho^9}\right) \rho^2}$
1. Ecuación pérdida general	2. Coeficiente de fricción
$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$	

3. Ecuación general de la energía				
VARIABLES DE MEDICIÓN				
Caudal (m^3/s), presión(bares), potencia (kW).				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
Componentes: Deposito, rebosadero, toma de agua, grifo de bola, bomba, interruptores de bombas, manómetros.				
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 370W				
METODOLOGÍA				
A. Construya el circuito el circuito en paralelo y en serie utilizando las bombas, tubos y demás accesorios.				
B. Asegúrese de que el circuito este bien sellado y libre de fugas.				
C. Instale los medidores de flujo en distintos puntos del circuito para medir los caudales de entrada y salida.				
D. Coloque los manómetros en distintos puntos del circuito, para medir presiones tanto en la entrada y la salida de las bombas.				
E. Coloque en funcionamiento las bobas y opere el circuito en distintas condiciones de carga y velocidad para obtener los datos en distintos puntos del circuito.				
F. Registre los datos de caudales, presiones y potencias obtenidos en la práctica.				
TOMA DE DATOS				
Bombas en Serie				
	Tiempo (s)	Presión (bar)	Capacidad (ml)	$Q(m^3/s)$
Caudal 1				
Caudal 2				
Caudal 3				
Caudal 4				
Promedio				
Bombas en Paralelo				
	Tiempo (s)	Presión (bar)	Capacidad (ml)	$Q(m^3/s)$
Caudal 1				
Caudal 2				
Caudal 3				

Caudal 4				
Promedio				
ANÁLISIS DE DATOS				
Analice: • El efecto del caudal y la presión sobre la curva de la bomba. • Efecto de la curva del sistema sobre el desempeño de la bomba. • Cálculo de la curva característica de la bomba. • Cálculo de la curva adimensional de la bomba. • Realice el analisis dimensional para trazar curvas características de bombas geoméricamente similares a escala mayor o menor.				
REFERENCIAS				
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.				
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.				
Ley de Darcy. Conductividad hidráulica Experiencia de Darcy. (n.d.). https://hidrologia.usal.es/temas/Ley_Darcy.pdf				

Figura [5]. Guía Bombas en paralelo y en serie, equipo Gunt Hamburg HM150.16.

Guía de laboratorio cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H34.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión : 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Pérdidas por Accesorios	
Equipo	TecQuipment H34	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica es analizar las pérdidas que se obtienen en la tubería por los accesorios que esta tiene, también el comportamiento de la velocidad en cada uno de estos accesorios.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		

Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.

PRECAUCIONES GENERALES

USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo

CONCEPTOS PREVIOS

NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.

Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.

Perdidas: Es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.

Accesorios: Son componentes utilizados para hacer conexiones que ayudan a unir segmentos de cañerías o tuberías en instalaciones.

EQUIPO



1. Curvatura de radio grande

2. Contracción

3. Expansión

4. Codo

5. Codo Curvado Inglete

					6. Válvula	
					7. Bomba de mano	
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA						
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio						
$(1) \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$						
$Q = \frac{V}{T} \qquad v = \frac{Q}{A}$						
Q: Caudal		v : Velocidad			V: Volumen	A: Área T: Tiempo
Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli						
VARIABLES DE MEDICIÓN						
área (m ²), caudal (m ³ /s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m ³ /s).						
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO						
Componentes: Curvatura de radio grande, ampliación, contracción, codos, inglete.						
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.						
METODOLOGÍA						
A. Antes de comenzar a manipular, asegúrese de revisar que todas las válvulas tanto del banco de pruebas como del equipo a utilizar estén cerradas. Después de eso, encienda el banco y abra la válvula correspondiente.						
B. En el funcionamiento del equipo, el objetivo principal era medir el caudal y las presiones, dado que este equipo no cuenta explícitamente con medidas integradas para ello.						
C. Utilice un cronometro para medir los tiempos en los que se llenaba la sección donde se realizó la medición de volumen, es decir una probeta de 300ml y así obtener el caudal.						
D. Realice la toma de datos considerando las diferencias de presiones en cada entrada y salida de los accesorios.						

E. Una vez obtenido el caudal constante, proceda a abrir la válvula que controla el caudal y las presiones. Esto permitirá observar el comportamiento antes y después de cada accesorio cuando se varía el caudal. Realice la práctica utilizando cuatro caudales distintos para este equipo.

TOMA DE DATOS

Presión	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3	Caudal 4	Unidad
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Caudal	Capacidad (ml)	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)	Tiempo 3 (s)	Tiempo Promedio (s)
Q1					
Q2					
Q3					
Q4					

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realice:

- La determinación de pérdidas en accesorios.
- Comparación de pérdidas en accesorios similares.
- Comparación de pérdidas de laboratorio con datos de fabricante y datos teóricos.
- Efecto del caudal sobre las pérdidas en accesorios.

REFERENCIAS

White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.

[4] Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

Figura [6]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H34.

Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H16.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Pérdidas por Accesorios	
Equipo	TecQuipment H16	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica es analizar las pérdidas que se obtienen en la tubería por los accesorios que esta tiene, también el comportamiento de la velocidad en cada uno de estos accesorios.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		

Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.	
PRECAUCIONES GENERALES	
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.	
CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.	
Perdidas: Es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.	
Accesorios: Son componentes utilizados para hacer conexiones que ayudan a unir segmentos de cañerías o tuberías en instalaciones.	
EQUIPO	
	Dos circuitos expansión y contracción, válvula de compuerta, válvula de globo, codo 90°, inglete.
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio	

$(1) \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$				
$Q = \frac{V}{T}$		$v = \frac{Q}{A}$		
Q: Caudal	v: Velocidad	V: Volumen	a: Área	T: Tiempo
Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli				
VARIABLES DE MEDICIÓN				
área (m ²), caudal (m ³ /s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m ³ /s)				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
Componentes: Curvatura de radio grande, ampliación, contracción, codos, inglete.				
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.				
METODOLOGÍA				
A. Abra completamente la válvula de control de agua del banco hidráulico.				
B. Cerciore que la válvula de globo este cerrada.				
C. Abra la válvula de compuerta para obtener el máximo flujo en la tubería azul oscura.				
D. Registre las lecturas en los tubos del piezómetro y el tubo en U				
E. Recoja la suficiente agua y tome el tiempo (2 veces para cada caudal).				
F. Repita el paso anterior para obtener 2 caudales distintos (ajustando la válvula de compuerta).				
G. Cierre la válvula de compuerta.				
H. Abra la válvula de globo y repita el procedimiento para la tubería azul clara.				
I. Cierre las válvulas por completo.				
J. Apague la bomba.				
TOMA DE DATOS				

NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 (kg/(m*s)), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m³)

Circuito azul Oscuro			Lecturas de Piezómetro (cm) agua				Tubo en U (cm) Hg			
Volume n(L)	Tiempo (s)	1	2	3	4	5	6	Puerta - Válvula		
Q1										
Q1										
Q1										
Q2										
Q3										
Q4										

Circuito azul Claro				Lecturas de Piezómetro (cm) agua					Tubo en U (cm) Hg				
V (L)	T (s)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Puerta – Válvula.	
Q1													
Q1													
Q1													
Q2													
Q2													
Q2													

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Realice:

- La determinación de pérdidas en accesorios.
- Comparación de pérdidas en accesorios similares.
- Comparación de pérdidas de laboratorio con datos de fabricante y datos teóricos.
- Efecto del caudal sobre las pérdidas en accesorios.

REFERENCIAS

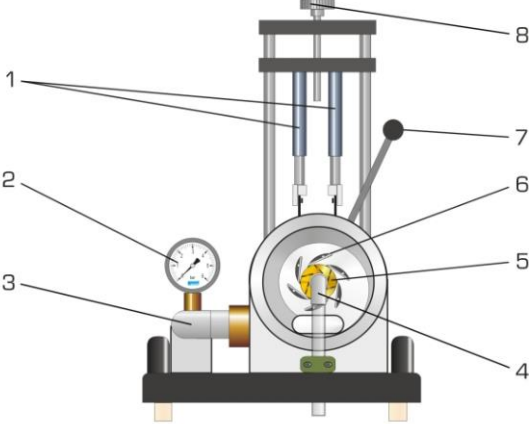
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.

Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

Figura [7]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H16.

Guía de laboratorio funcionamiento de una turbina Francis, equipo Gunt Hamburg HM150.20.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Turbina Francis	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.20	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Francis, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo		

CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Teorema de Bernoulli: Describe la relación entre la presión de un fluido en movimiento, su velocidad y su altura en un flujo ideal y estacionario.	
Turbina Francis: Tipo de turbina hidráulica de reacción que se utiliza comúnmente en centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad.	
Triangulo de velocidades: Es el que representa gráficamente las velocidades absolutas y relativas de un fluido en diferentes puntos de una máquina. Consiste en un diagrama triangular donde se muestran: Velocidad del rotor, velocidad absoluta del fluido, velocidad relativa del fluido.	
EQUIPO	
	1. Dinamómetros
	2. Manómetro
	3. Entrada de Agua
	4. Salida de agua
	5. Rotor
	6. Álabes distribuidores
	7. Ajuste de los álabes distribuidores
	8. Ajuste del freno de cinta
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio	
$(1) P_e = H_t * m * g$ $(2) Efic = \frac{P}{P_r}$ $(3) H_t = H_{(ent)} + \frac{v^2}{2 * g}$	

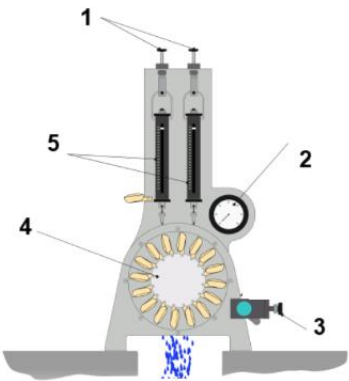
Potencia Hidráulica	Eficiencia Total	Cabeza Total a la entrada
VARIABLES DE MEDICIÓN		
Caudal(m^3/s), velocidad de rotación (rad/s), potencia mecánica (W), eficiencia (%), potencia hidráulica, cabeza a la entrada de la turbina (m).		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO		
Componentes: Balanza de muelle, manómetro, rotor, álabes distribuidores.		
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 12W		
METODOLOGÍA		
A. Una vez el equipo esté conectado al banco de pruebas, revise las todas las válvulas antes de encender el banco.		
B. Encendido el banco de pruebas abra la válvula de admisión de este. Prenda el motor de la turbina, calibre el caudal y el flujo inicial manipulando la válvula del banco.		
C. Aplique carga al eje de salida cerrando el freno de cinta. Tome lecturas de caudal, velocidad y fuerza en el dinamómetro.		
D. Aplique más carga permitiendo que la lectura del dinamómetro suba dos puntos. Tome nuevamente la lectura de la velocidad y la fuerza, haga este procedimiento hasta detener totalmente el eje con el freno de cinta.		
E. Repita los pasos anteriores para una apertura de flujo de 100% y de 50%		
TOMA DE DATOS		

100%			
$Q (m^3/s)$	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)
50%			
$Q (m^3/s)$	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)
ANÁLISIS DE RESULTADOS			
• Realice determinación de la potencia mecánica e hidráulica en función del flujo y de la cabeza. • Efecto de las condiciones de operación sobre la eficiencia de la turbina.			
REFERENCIAS			
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.			
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.			
González. (2009). Máquinas de Fluidos Tema 3. Principio de Funcionamiento de Turbomáquinas Tema 3. Principio de Funcionamiento de Turbomáquinas. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40262/mod_resource/content/1/maquinas_fluidos/tema-3-principio-de-funcionamiento-de-turbomaquinas.pdf			

Figura [8]. Guía funcionamiento de una turbina Francis, equipo Gunt Hamburg HM150.20.

Guía de laboratorio funcionamiento de una turbina Pelton, equipo TecQuipment H19.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Turbina Pelton	
Equipo	TecQuipment H19	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Pelton, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo		

CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Turbina Pelton: Es un tipo de turbina hidráulica de impulso que se utiliza para generar electricidad en centrales hidroeléctricas.	
Teorema de Bernoulli: Describe la relación entre la presión de un fluido en movimiento, su velocidad y su altura en un flujo ideal y estacionario.	
Triangulo de velocidades: Es el que representa gráficamente las velocidades absolutas y relativas de un fluido en diferentes puntos de una máquina. Consiste en un diagrama triangular donde se muestran: Velocidad del rotor, velocidad absoluta del fluido, velocidad relativa del fluido.	
EQUIPO	
	1. Ajuste de Carga
	2. Manómetro
	3. Válvula de aguja
	4. Turbina
	5. Dinamómetros
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio	
(1) $P = w * t = 2 \frac{\pi}{60} NT$ (2) $Efic = \frac{P}{P_r}$ (3) $P_e = H_t * m * g$ (4) $H_t = H_{(ent)} + \frac{v^2}{2 * g}$	

Potencia mecánica	Eficiencia Total	Potencia Hidráulica	Cabeza Total
VARIABLES DE MEDICIÓN			
Caudal(m^3/s), velocidad de rotación (rad/s), potencia mecánica (W), eficiencia (%), potencia hidráulica, cabeza a la entrada de la turbina (m).			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Componentes: Dinamómetro, manómetro, válvula de lanza			
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 3,5W			
METODOLOGÍA			
A. Una vez el equipo esté conectado al banco de pruebas, revise las todas las válvulas antes de encender el banco.			
B. Calibre las unidades y las medidas iniciales desde el ajuste de carga.			
B. Encendido el banco de pruebas abra la válvula de admisión del mismo. Encienda el motor, regule e incremente la velocidad y el caudal inicial.			
D. Aplique carga al eje de salida cerrando el freno de cinta.			
E. Tome lecturas de caudal, fuerza y velocidad en el dinamómetro.			
F. Aplique más carga permitiendo que la lectura del dinamómetro suba dos puntos.			
G. Tome nuevamente la lectura de la velocidad y la fuerza, haga este procedimiento hasta detener totalmente el eje con el freno de cinta.			
H. Repita los pasos para una entrada de 25% y 100%			
TOMA DE DATOS			
25%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)
100%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)

ANÁLISIS DE RESULTADOS
• Realice la determinación de la potencia mecánica e hidráulica en función del flujo y de la cabeza. • Efecto de las condiciones de operación sobre la eficiencia de la turbina.
REFERENCIAS
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.
RUEDA PELTON (TURBINA). (n.d.). TecQuipment. https://www.tecquipment.com/es/pelton-wheel-turbine

Figura [9]. Guía funcionamiento de una turbina Pelton, equipo TecQuipment H19.

Guía de laboratorio ciclo Rankine, equipo Caldera Automática Vapor Vertical.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Ciencias Térmicas	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Ciclo Rankine	
Equipo	Caldera Automática Vapor Vertical	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que se tiene esta práctica de laboratorio es el desarrollo de un ciclo Rankine sencillo.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo termodinámico, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo termodinámico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		

PRECAUCIONES GENERALES	
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.	
   	
CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Primera ley termodinámica: Es la energía total de un sistema cerrado permanece constante si no hay interacción con el entorno externo en forma de calor o trabajo.	
Ciclo Rankine: Ciclo básico utilizado en las plantas de energía termoeléctrica convencionales, incluyendo las plantas de energía nuclear y las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles.	
Proceso Isobárico: La presión del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su volumen y temperatura.	
Proceso Isocórico: El volumen del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su presión y temperatura.	
Proceso Isotérmico: La temperatura del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su presión y volumen.	
Proceso Adiabático: No hay transferencia de calor hacia o desde el sistema, es decir, no se intercambia calor con el entorno.	
EQUIPO	



Suavizador de agua, tanque de combustible, tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM, caldera de vapor de 6,12 o 15 BHP, tanque de condensados, distribuidor de vapor, sobrecalentador eléctrico, turbina de vapor de una o dos etapas, condensador de vapor, torre de enfriamiento con sus bombas, generador de energía eléctrica monofásico, tablero de consumo de energía, tanques de agua fría y caliente, intercambiadores de calor de Carcaza tubos y Placas, tableros eléctricos auxiliares, válvula PID de control de vapor, caudalímetros y elementos de medición, HMI V700 Unitronics.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Esquema

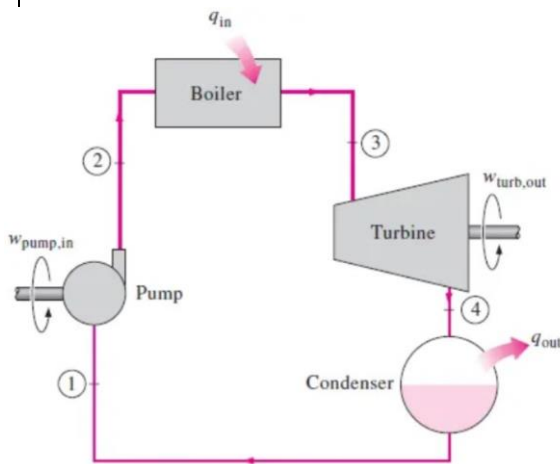
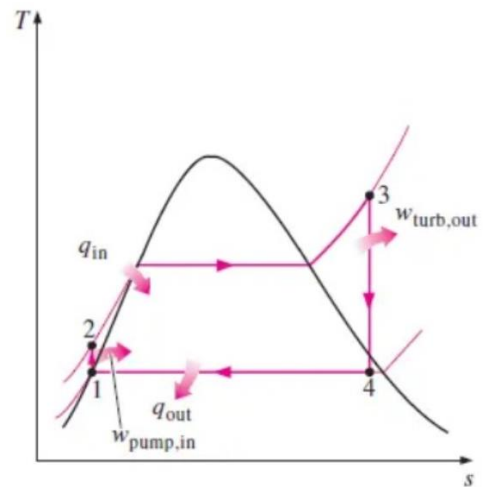


Diagrama T-s



VARIABLES DE MEDICIÓN
Temperatura (K), presión (Pa), volumen (m^3), Calor (J), Trabajo (J)
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
Componentes: Suavizador de agua, tanque de combustible, tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM, caldera de vapor de 6,12 o 15 BHP, tanque de condensados, distribuidor de vapor, sobrecalentador eléctrico, turbina de vapor de una o dos etapas, condensador de vapor, torre de enfriamiento con sus bombas, generador de energía eléctrica monofásico, tablero de consumo de energía, tanques de agua fría y caliente, intercambiadores de calor de Carcaza tubos y Placas, tableros eléctricos auxiliares, válvula PID de control de vapor, caudalímetros y elementos de medición, HMI V700 Unitronics.
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 6hp. Consumo 6,6 m3/h
METODOLOGÍA
A. Encienda el interruptor de energía de la caldera (está ubicado en el lateral del tablero electrónico).
B. Coloque el interruptor de la bomba de alimentación de agua en la posición automática.
C. Purgue la columna de agua y el nivel de cristal, asegurándose de que el agua vuelva rápidamente a su nivel normal.
D. Abra la válvula inferior de la caldera hasta que el agua salga limpia.
E. Coloque el interruptor del quemador en la posición normal durante uno o dos minutos para eliminar posibles gases en la cámara de combustión causados por combustible sin quemar.
F. Seguido a esto, coloque el interruptor del quemador en la posición automática (la caldera se encenderá automáticamente).
G. Ajuste la cantidad de combustible, la presión y la entrada de aire al quemador (solo en el encendido inicial o durante el mantenimiento).
H. Durante el arranque, supervise la columna de agua para asegurarse de que el sistema de inyección de agua funcione correctamente y que el nivel normal no disminuya.
I. Cuando salga vapor por el grifo superior de la columna de agua, revise las conexiones de la columna de agua, el nivel de cristal y las partes de presión de la caldera.
J. Cierre el grifo del manómetro de inspección y el grifo superior de la columna cuando la presión de vapor alcance el 25 % de la presión de trabajo.

K. Cuando la caldera alcance el 90 % de la presión de trabajo, abra la válvula de "by-pass" (si existe) para equilibrar la presión en la válvula principal de vapor, especialmente si hay otras calderas operando en la línea.

L. Revise todas las tuercas y juntas, apretándolas según sea necesario si hay fugas, cuando la presión de trabajo alcance el 90 % o más.

M. Revise las válvulas de seguridad abriéndolas manualmente y dejándolas cerrar de golpe. Se recomienda dejar pasar vapor por un período para limpiar cualquier residuo en los asientos.

N. Abra lentamente la válvula principal de vapor para que la caldera entre en funcionamiento normalmente.

TOMA DE DATOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Calcule la eficiencia térmica del ciclo.
- Realice la comparación del rendimiento real del ciclo obtenido en el laboratorio con el rendimiento teórico basado en condiciones ideales.
- Analice cómo las variaciones en la presión de la caldera afectan la eficiencia y el rendimiento del ciclo.
- Analice cómo una temperatura más baja en el condensador puede aumentar la eficiencia del ciclo.

REFERENCIAS

CENGEL, YUNUS A. BOLES, MICHAEL A. Termodinámica. Octava edición. McGraw Hill.

VAN WYLEN, Gordon J. Fundamentos de Termodinámica. México: Limusa, 2002-892p. WARK, Keneth.
JONES, J. B. DUGAN R. E. Ingeniería Termodinámica. Prentice Hall Hispanoamericana. 2003-989p.
Termodinámica para Ingeniería. McGraw Hill. 2001-915p
CENGEL, Yunus A. Transferencia de calor y masa. McGraw-Hill Interamericana. Tercera edición, 2007
KREITH, Frank / BOHN, Mark S. Principios de transferencia de calor. Thomson Learning. Sexta edición, 2001.

Figura [10]. Guía ciclo Rankine, equipo Caldera Automática Vapor Vertical.

8.4 ANEXO D VALIDACIONES DEL MODELO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO SELECCIONADAS.

- **Número de Reynolds**

La práctica se realizó haciendo uso del equipo HM150.18, de fabricante GUNT HAMBURG, basándose en la metodología expuesta en la guía de laboratorio expuesta en el anexo C (Guía de laboratorio número de Reynolds).

Posterior a cerciorarse que las válvulas del equipo (HM150.18) junto con el banco de pruebas (suministro de agua) estuvieran cerradas, se llenó el depósito de tinta con azul de metileno. Seguido a esta inspección se encendió el banco de pruebas y se abrió la válvula del paso del agua al equipo hasta que este se llenó al nivel del tubo de desagüe.

Para la toma de datos del caudal se tomó una probeta de capacidad de 300ml para calcular el tiempo de llenado de este como se ve en la siguiente tabla:

Número Caudal	Capacidad (ml)	Tiempo	Unidad
1	300	51,88	s
1	300	55,89	s
2	300	25,09	s
2	300	24,64	s
3	300	3,27	s
3	300	2,67	s

Tabla [23]. Datos recolectados de tiempo.

Con estos tiempos obtenidos, se procedió a sacar el tiempo promedio para cada caudal, como se muestra en la tabla de tiempos promedio.

Tprom	T1	T2	T3
	53,885	24,865	2,975

Tabla [24]. Tiempo promedio de los caudales.

Se abrió la válvula de control junto con la válvula del depósito de tinta que contiene el azul de metileno, esto se hizo de manera gradual, para evidenciar el tipo de flujo que correspondía al ajuste de las válvulas que fueron manipuladas.

DATOS DE ENTRADA		
Volumen	0,0001	
Diámetro	0,01	
Densidad Fluido	999,03	
Viscosidad. Agua	1,1111	16°C
Área	3,14159265	7,854E-05
Viscosidad. Dinámica	0,001109	

Tabla [25]. Datos de entrada.

Haciendo uso de los datos de entrada, se utilizaron las ecuaciones expuestas en la guía de laboratorio.

Para el cálculo de los caudales se hizo uso de la ecuación:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

CAUDALES		
Q1	1,8558E-06	m^3/s
Q2	4,0217E-06	m^3/s
Q3	3,3613E-05	m^3/s

Tabla [26]. Valor de cada caudal obtenido.

Conociendo el valor de los caudales procedimos a calcular la velocidad haciendo uso de la siguiente ecuación:

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

Obteniendo los siguientes resultados:

VELOCIDADES		
V1	2,36E-02	m/s
V2	5,12E-02	m/s
V3	4,28E-01	m/s

Tabla [27]. Valor de cada velocidad obtenida.

Conociendo el valor de los caudales y la velocidad, se procedió a calcular el número de Reynolds con la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

NÚMERO DE REYNOLDS		
Q1	212,857627	Laminar
Q2	461,284263	Laminar
Q3	3855,40612	Turbulento

Tabla [28]. Número de Reynolds obtenido.

Los valores de numero de Reynolds para el banco en que se trabajó dieron como resultado para el caudal 1 y para el caudal 2 un flujo laminar, estando por debajo de 2100. Y el caudal 3 logra estar muy cerca del régimen turbulento, pero sigue estando en periodo de transición.

Equipo H215

El equipo no se encuentra en condiciones para realizar prácticas de laboratorio.

- **Pérdidas por Accesorios**

La práctica se realizó haciendo uso del equipo H34, de fabricante TecQuipment, basándose en la metodología expuesta en la guía de laboratorio expuesta en el anexo C (Guía de laboratorio pérdidas por accesorios).

En el funcionamiento del banco de prueba el objetivo principal era medir el caudal y las presiones, ya que este banco de prueba en el que se realizó la práctica no tiene de una manera explícita las medidas. Por lo tanto, se utilizó un cronometro para medir los tiempos en los que se llenaba la sección donde se realizó la medición de volumen y así obtener el caudal.

Presión	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3	Caudal 4	Unidad
1	370	404	450	455	<i>m. c. a</i>
2	290	330	420	450	<i>m. c. a</i>
3	250	295	405	449	<i>m. c. a</i>
4	180	240	380	445	<i>m. c. a</i>
5	170	230	375	443	<i>m. c. a</i>
6	150	210	360	440	<i>m. c. a</i>
7	150	210	360	440	<i>m. c. a</i>
8	70	145	340	435	<i>m. c. a</i>
9	60	135	335	435	<i>m. c. a</i>
10	30	110	320	430	<i>m. c. a</i>

Tabla [29]. Datos registrados para cada caudal.

Una vez que se obtenga el caudal constante se procedió a abrir la válvula que controla el caudal y las presiones, esto para observar el comportamiento antes y después de cada accesorio del sistema hidráulico del equipo en uso cuando el caudal se varia, este procedimiento se realizó con 4 caudales distintos para este banco de prueba, para la toma de datos del caudal se tomó una probeta de capacidad de 300ml para calcular el tiempo de llenado de la misma, como se evidencian en las tablas a continuación.

Tiempo Caudal 1		Unidad
T1	26,11	s
T2	25,9	s
Tprom	26,005	s

Tabla [30]. Tabla de tiempos primer caudal.

Tiempo Caudal 2		Unidad
T1	29,05	s
T2	28,48	s
Tprom	28,765	s

Tabla [31]. Tabla de tiempos segundo caudal.

Tiempo Caudal 3		Unidad
T1	63	s
T2	60,6	s
Tprom	61,8	s

Tabla [32]. Tabla de tiempos tercer caudal.

Tiempo Caudal 4		Unidad
T1	82,8	s
T2	76,8	s
Tprom	79,8	s

Tabla [33]. Tabla de tiempos cuarto caudal.

Haciendo uso de los datos de e los tiempos promedio en los que se llenó la probeta de 300ml, se utilizó la siguiente ecuación expuesta en la guía de laboratorio.

Para el cálculo de los caudales se hizo uso de la ecuación:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Caudales		Unidad
Q1	0,000192271	m^3/s
Q2	0,000173822	m^3/s
Q3	8,09061E-05	m^3/s
Q4	6,26566E-05	m^3/s

Tabla [34]. Caudales obtenidos.

Las A (áreas) de los accesorios se calcularon teniendo en cuenta el croquis que tiene el equipo del sistema hidráulico del equipo.

$$\text{Área} = \frac{\pi}{4} * D^2$$

Accesorio	Diámetro A	Unidad	Área A	Unidad	Diámetro b	unidad	Área b	Unidad
Codo curva inglete	0,022	m	0,00038	m^2	-	m	-	m^2
Codo estándar	0,022	m	0,00038	m^2	-	m	-	m^2
Reducción	0,0284	m	0,000633	m^2	0,022	m	0,0004	m^2
Expansión	0,022	m	0,00038	m^2	0,0284	m	0,0006	m^2
Codo doblado R. Largo	0,022	m	0,00038	m^2	-	m	-	m^2

Tabla [35]. Areas de cada accesorio.

Teniendo el valor para cada caudal y el área de cada accesorio, se calculó la velocidad para cada uno de los accesorios, con la siguiente ecuación:

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

Accesorio	v Caudal 1	v Caudal 2	v Caudal 3	v Caudal 4	Unidad
1	0,50579893	0,45726755	0,21283659	0,164828334	m/s
2	0,50579893	0,45726755	0,21283659	0,164828334	m/s
2b	0,30351949	0,27439681	0,12771884	0,09891008	m/s
3	0,30351949	0,27439681	0,12771884	0,09891008	m/s
3b	0,50579893	0,45726755	0,21283659	0,164828334	m/s
4	0,50579893	0,45726755	0,21283659	0,164828334	m/s
5	0,50579893	0,45726755	0,21283659	0,164828334	m/s

Tabla [36] Tabla de velocidad para cada accesorio.

Teniendo el valor de cada caudal junto con su velocidad se realizó la comparativa de constantes de resistencia para los accesorios, esto mediante el principio de Bernoulli, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Se despejó h_l para calcular la pérdida por cada accesorio con los caudales que se calcularon previamente obteniendo los siguientes resultados.

$$h_l = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma}$$

Presiones	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3	Caudal 4
1a2	0,08	0,074	0,03	0,005
3a4	0,07	0,055	0,025	0,004
5a6	0,02	0,02	0,015	0,003

7a8	0,08	0,065	0,02	0,005
9a10	0,03	0,025	0,015	0,005

Tabla [37]. Pérdidas en los accesorios para cada caudal.

Seguido a esto se halló la constante de resistencia (K) para los accesorios en cada caudal previamente calculado, haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$h_l = K * \frac{v^2}{2g}$$

Se despeja K

$$K = \frac{h_l}{\frac{v^2}{2g}}$$

Arrojando los siguientes resultados expuestos en la tabla a continuación:

Accesorio	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3	Caudal 4
Codo Curva Inglete	0,01593805	0,01803815	0,03375434	0,009380096
Codo Estándar	0,01394579	0,01340673	0,02812862	0,007504076
Reducción	0,01106516	0,01353857	0,04686864	0,015629358
Expansión	0,01593805	0,01584432	0,0225029	0,009380096
Codo Doblado de r. largo	0,00597677	0,00609397	0,01687717	0,009380096

Tabla [38]. Constante de resistencia para cada accesorio.

los tramos de 1 a 2 y de 7 a 8 son críticos para el sistema debido a las pérdidas significativas que se producen en ellos, las cuales están influenciadas por el tipo de accesorio utilizado. Además, se destaca que la resistencia de estos accesorios se

incrementa conforme aumenta el caudal, lo que sugiere que una gestión adecuada del caudal y la selección de accesorios podría mejorar la eficiencia del sistema.

Equipo H16

El equipo no se encuentra en condiciones para realizar prácticas de laboratorio.

- **Turbina Francis**

La práctica se realizó haciendo uso del equipo HM150.20, de fabricante Gunt Hamburg, basándose en la metodología expuesta en la guía de laboratorio expuesta en el anexo C (Guía de laboratorio turbina Francis). El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Francis, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.

Cuando el equipo estaba conectado al banco de pruebas, se cercioró que todas las válvulas estuvieran cerradas antes de encender el banco (turbina Francis), también se aseguró que las lecturas de la fuerza que es aplicada al freno y el medidor del caudal estuviesen en ceros.

Una vez encendido el banco de pruebas, se abrió la válvula de admisión de este, prendiendo el motor de la turbina, se calibro el caudal y el flujo inicial manipulando la válvula del banco. Aplicando carga al eje de salida cerrando el freno de cinta se tomaron las lecturas del caudal la velocidad y la fuerza en el dinamómetro como se muestra en la siguiente tabla:

Este proceso se realizado aplicando más carga permitiendo que la lectura del dinamómetro subiera dos puntos, tomando las lecturas, y repitiendo el proceso hasta que el freno de cinta se detuviera con el eje.

100%				
Fuerza (N)	Q (m^3/s)	N (rpm)	Q(CFM)	Ht
1	7,56E-05	3060	0,16	15,0002263
2	7,08E-05	2047	0,15	15,0001989
3	6,61E-05	2434	0,14	15,0001733

4	8,02E-05	2328	0,17	15,0002555
5	8,50E-05	1596	0,18	15,0002565
6	5,66E-05	1495	0,12	15,0001273

Tabla [39]. Datos registrados turbina Francis 100% de admisión.

Para la recolección de datos se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente, cambia la apertura del flujo a 50%

50%				
Fuerza (N)	$Q(m^3/s)$	N(rpm)	Q(CFM)	Ht
1	6,13E-05	2912	0,13	15,0001494
2	6,37E-05	2655	0,135	15,0001612
3	6,61E-05	2450	0,14	15,0017325
4	6,13E-05	2520	0,13	15,0001494
5	6,61E-05	2485	0,14	15,0001733
6	7,08E-05	2225	0,15	15,0001989

Tabla [40]. Datos registrados turbina Francis 50% de admisión.

Análisis

Para el caso de la turbina Francis el caudal aumenta al aumentar la fuerza y los rpm disminuyen, el torque de la turbina aumenta según la potencia mecánica este tipo de turbinas es buena para un gran caudal y de baja carga.

Con los datos registrados para una admisión de 100% y % en la turbina Francis se grafica el caudal frente a las revoluciones por minuto mostrando la relación que hay entre la velocidad de la turbina y el flujo del fluido que lo atraviesa.

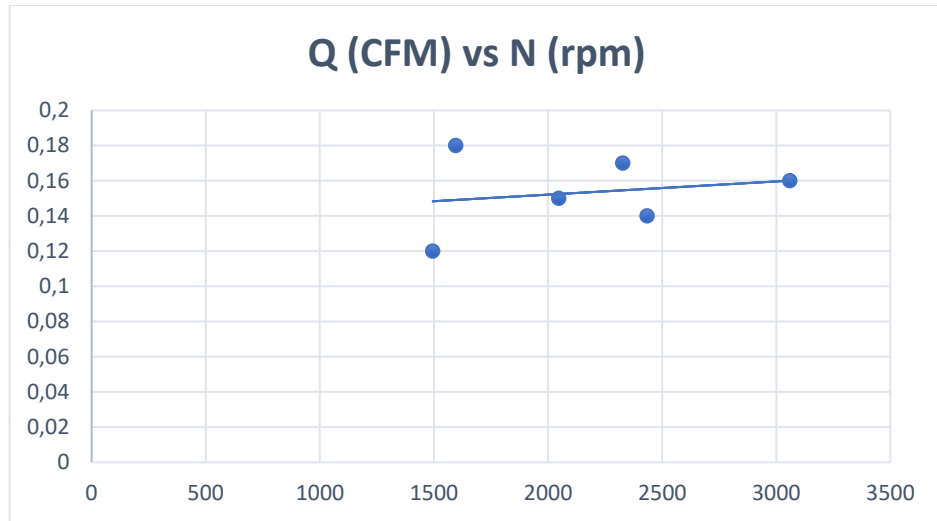


Figura [11]. Caudal vs rpm 100% de admisión turbina Francis.

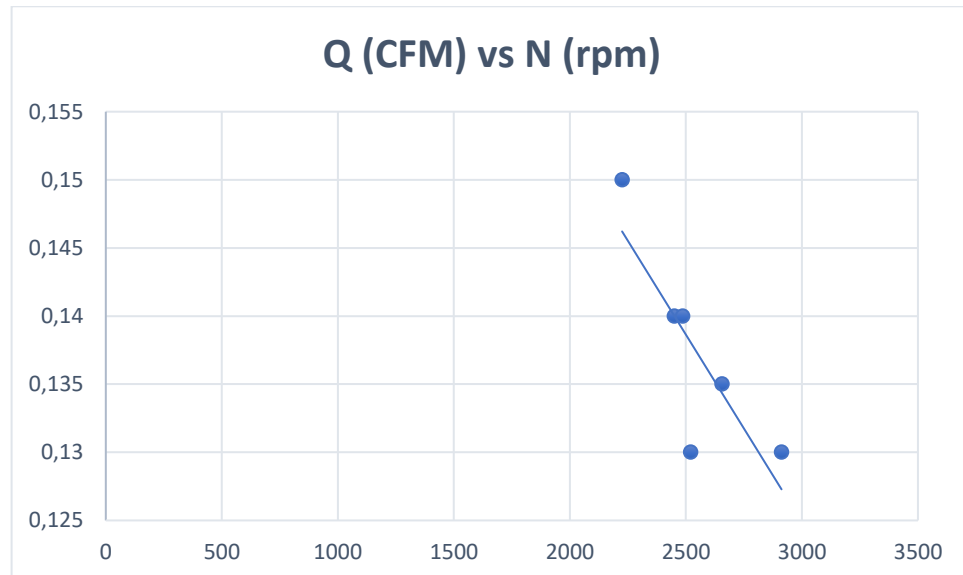


Figura [12]. Caudal vs rpm 50% de admisión turbina Francis.

Este gráfico es fundamental para visualizar el rendimiento y el comportamiento que tiene la turbina bajo las condiciones de operación que se realizaron durante la práctica de laboratorio.

- **Turbina Pelton**

La práctica se realizó haciendo uso del equipo H19, de fabricante TecQuipment, basándose en la metodología expuesta en la guía de laboratorio expuesta en el anexo C (Guía de laboratorio turbina Pelton). El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Pelton, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.

Cuando el equipo estaba conectado al banco de pruebas, se cercioró que todas las válvulas estuvieran cerradas antes de encender el banco (turbina Francis), se calibraron las unidades y medidas iniciales del ajuste de carga.

Encendido el banco de pruebas, se abrió la válvula de admisión de este, se prendió el motor y se regularon la velocidad junto con el caudal inicial esto regulando ambas variables. Se aplicó carga al eje de salida cerrando el freno de cinta, tomando lecturas de caudal, fuerza y la velocidad en el dinamómetro, este proceso se repitió aplicando mas carga permitiendo que la lectura del dinamómetro subiera dos puntos.

La recolección de datos se realizo hasta detener totalmente el eje con el freno de cinta como se muestra en la siguiente tabla:

100%				
Fuerza (N)	$Q(m^3/s)$	N(rpm)	Q(CFM)	Ht
1	3,02E-03	1995	6,4	15,3620601
3	3,12E-03	1911	6,6	15,3850424
5	3,16E-03	1763	6,7	15,3967988
7	3,20E-03	1613	6,8	15,4087319
9	3,20E-03	1434	6,8	15,4087332
11	3,00E-03	1380	6,4	15,3620601

13	3,00E-03	1235	6,6	15,3850424
----	----------	------	-----	------------

Tabla [41]. Datos registrados 100% de entrada turbina Pelton.

Para la recolección de datos se realiza el mismo procedimiento descrito anteriormente, cambia la entrada a un 25%

25%				
Fuerza (N)	$Q(m^3/s)$	N	Q(CFM)	Ht
1	2,70E-03	2126	5,8	15,297356
3	2,70E-03	2027	5,8	15,297356
5	2,70E-03	1894	5,9	15,307698
7	2,70E-03	1745	5,9	15,307698
9	2,70E-03	1630	5,8	15,297356
11	2,60E-03	1430	5,7	15,2871907
13	2,60E-03	1340	5,7	15,2871907

Tabla [42]. Datos registrados 25% de entrada turbina Pelton.

Análisis

El caudal no vario mucho al aplicar las fuerzas, los rpm van disminuyendo y la altura de salida no varía, esto es al contrario de manipular una turbina Francis, es una turbina de impulso que funciona con el chorro que golpea las pelas y genera el movimiento en el eje.

Con los datos registrados para entrada de 100% y 25% en la turbina Pelton se grafica el caudal frente a las revoluciones por minuto mostrando la relación que hay entre la velocidad de la turbina y el flujo del fluido que lo atraviesa.

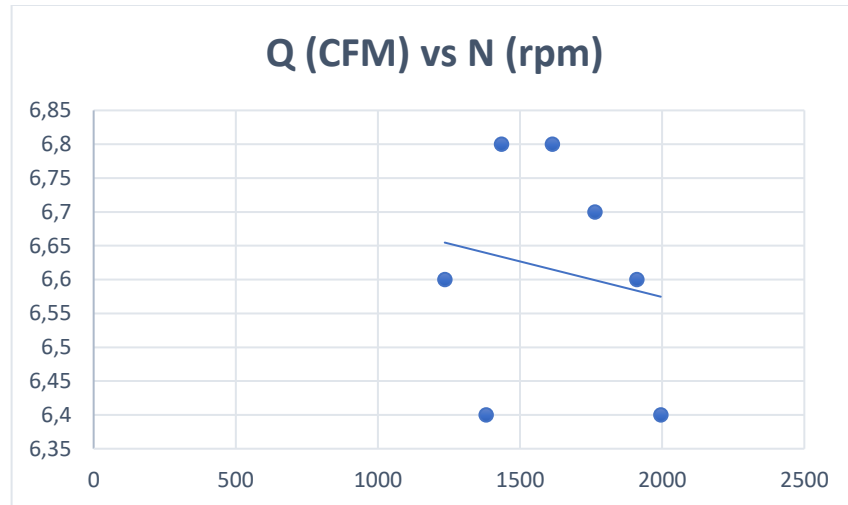


Figura [13]. Caudal vs rpm 100% de entrada turbina Pelton.

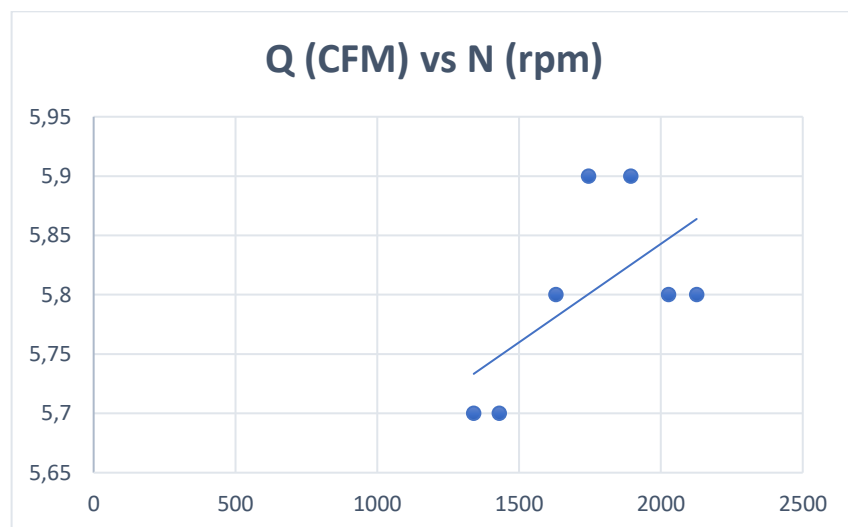


Figura [14]. Caudal vs rpm 25% de entrada turbina Pelton.

Este gráfico es fundamental para visualizar el rendimiento y el comportamiento que tiene la turbina bajo las condiciones de operación que se realizaron durante la práctica de laboratorio.

- **Caldera automática de vapor vertical.**

La práctica de laboratorio de este equipo se llevó a cabo en presencia del decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Jorge René Silva Larrotta, y coincidió con una visita de estudiantes de la Universidad Manuela Beltrán. El desarrollo de la práctica comenzó con una explicación de los componentes del equipo. Posteriormente, se encendió la caldera y se configuró en modo automático para observar el proceso que realiza. Además, el ingeniero aplicó la teoría expuesta en la guía diseñada para la caldera. Ver las siguientes imágenes del desarrollo de la práctica.



Figura [15]. Realización práctica en laboratorio de ciencias térmicas.

- Bombas en paralelo y en serie

La práctica se realizó haciendo uso del equipo HM150.16, del fabricante Gunt Hamburg, basándose en la metodología expuesta en la guía de laboratorio expuesta en el anexo C (Guía de laboratorio bombas en paralelo y en serie). El objetivo de esta práctica es estudiar el comportamiento de las bombas en un circuito en paralelo y en serie, cabe recalcar que las presiones tomadas de los manómetros se pasaron a kPa.

Datos de entrada

Presión atmosférica de Bogotá 560 mm Hg

Temperatura de Bogotá 15 grados centígrados

Accesorios:

Codos 90°

Codos 45°

Válvula de globo

Diámetro de los accesorios 0.00017m

Teniendo en cuenta los datos de entrada se calcularon las pérdidas menores del sistema hidráulico con las siguientes ecuaciones.

- Reynolds

$$\frac{V \cdot D}{\mu}$$

- Coeficiente de fricción

$$\frac{0,25}{\log\left(\frac{1}{3,7 \cdot \frac{D}{E}} + \frac{5,74}{E E \rho^9}\right)} \rho^2$$

- Pérdida general

$$Hl = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \left(\frac{V^2 \rho^2}{2g}\right)$$

Sistema en serie con una sola bomba

Pérdidas menores

Reynolds	18650,5183
Fricción	0,02631591
L succión	0,275

- Primera toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	14,03	-0,2	0,00035638
5L	13,41	0,1	0,00037286
Promedios	13,72	-	0,00036462

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,04056492
hv	0,66201953
hf1	0,03453686
hc1 (dos codos de 90)	0,05841349

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,23365395
Hc2 (codo de 45)	0,03115386
Hf2	0,12508623
Hv (dos válvulas de globo)	1,32403907

- Pérdidas totales: 2,50946792.

Se calculo la cabeza de la bomba

$$Hb = \left(\frac{10 - (-20)}{9810 \text{ kN}} \right) + 2,50946792 = 2,5125 \text{ m}$$

$$H = 9810 * 2,5125 * 0,00036462 = 8,98 \text{ W}$$

$$H = 0,008987 \text{ kW}$$

Eficiencia

$$\eta = \frac{0,008987 \text{ kW}}{0,37 \text{ kW}} = 2.42\%$$

- Segunda toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	14,81	-0,19	0,00033761
5L	15,41	0,2	0,00032446
Promedios	5,11	-	0,00033104

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,03402414
hv	0,55527392
hf1	0,02962125
hc1 (dos codos de 90)	0,04899476

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,23365395
Hc2 (codo de 45)	0,03115386
Hf2	0,12508623
Hv (dos válvulas de globo)	1,32403907

- Pérdidas totales: 2,10785425

Se calculó la cabeza de la bomba

$$Hb = \left(\frac{20 - (-19)}{9810kN} \right) + 2,10785425 = 2,118m$$

$$H = 9810 * 2,118 * 0,00033104 = 6,581W$$

$$H = 0,006581kW$$

Eficiencia

$$\eta = \frac{0,006581kW}{0,37kW} = 1.77\%$$

- Tercera toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	17,09	-0,17	0,00029257
5L	18,34	0,3	0,00027263
Promedios	17,71	-	0,0002826

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,02436772
hv	0,39768115
hf1	0,02214775
hc1 (dos codos de 90)	0,03508951

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,14035805
Hc2 (codo de 45)	0,01871441
Hf2	0,08021511

Hv (dos válvulas de globo)	0,7953623
----------------------------	-----------

- Pérdidas totales: 1,51393599.

Se calculó la cabeza de la bomba

$$Hb = \left(\frac{30 - (-17)}{9810kN} \right) + 1,51393599 = 1,5187m$$

$$H = 9810 * 1,5187 * 0,0002826 = 4,210W$$

$$H = 0,004210kW$$

Eficiencia

$$\eta = \frac{0,004210kW}{0,37kW} = 1.13\%$$

- cuarta toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	25,93	-0,16	0,00019283
5L	25,2	0,4	0,00019841
Promedios	25.565	-	0,00019562

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,01167618
hv	0,19055527
hf1	0,01170984
hc1 (dos codos de 90)	0,0168137

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,0672548
Hc2 (codo de 45)	0,00896731
Hf2	0,0424109
Hv (dos válvulas de globo)	0,38111053

- Pérdidas totales: 0,73049852.

Se calculó la cabeza de la bomba

$$H_b = \left(\frac{40 - (-16)}{9810 \text{ kN}} \right) + 0,730498 == 0,7362 \text{ m}$$

$$H = 9810 * 0,7362 * 0,00019562 = 1,4127 \text{ W}$$

$$H = 0,001427 \text{ kW}$$

Eficiencia

$$\eta = \frac{0,001427 \text{ kW}}{0,37 \text{ kW}} = 0.38\%$$

- Análisis

Las eficiencias se ven afectadas por el caudal que estamos utilizando. Sin embargo, de las cuatro tomas de datos, solo la toma 1 presenta una eficiencia superior al 2%. Esto es notable, considerando que corresponde a las presiones más bajas entre los cuatro caudales analizados.

- Sistema bombas en paralelo

Siguiendo el procedimiento de la anterior configuración se calcularon pérdidas menores del sistema de las bombas en paralelo.

Reynolds	19501,9753
Fricción	0,0275134
L succión	0,275

- Toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	13,5	-2	0,00031506
5L	12,75	0,05	0,00029744
Promedios	13,125	-	0,00030625

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,0286174
hv	0,46703594
hf1	0,02547347
hc1 (dos codos de 90)	0,04120905

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,32967243
Hc2 (codo de 45)	0,03406334
Hf2	0,17942587
Hv (dos válvulas de globo)	0,93407188

- Pérdidas totales 2,00550604.

Se calculó la cabeza de la bomba 1

$$Hb = \left(\frac{25 - (-19)}{9810kN} \right) + 2,47188097 = 2,4763m$$

$$H = 9810 * 2,4763 * 0,00038126 = 9,260W$$

$$H = 0,009260kW$$

Eficiencia de la bomba 1

$$\eta = \frac{0,009260kW}{0,37kW} = 2.5\%$$

Se calculó la cabeza de la bomba 2

$$Hb = \left(\frac{29 - (-38)}{9810kN} \right) + 2,47188097 = 2,47096 \text{ m}$$

$$H = 9810 * 2,47096 * 0,00038126 = 9,241W$$

$$H = 0,009124kW$$

Eficiencia de la bomba 2

$$\eta = \frac{0,009124kW}{0,37kW} = 2.46\%$$

- análisis

En el sistema en paralelo, dos de los caudales calculados presentan una eficiencia constante y superior al 2%. Esto indica que, cuando las válvulas están completamente abiertas o a la mitad, las bombas no necesitan esforzarse tanto para funcionar, lo que permite un menor consumo de energía.

- Sistema de bombas en serie

Siguiendo el procedimiento de la anterior configuración se calcularon pérdidas menores del sistema de las bombas en serie.

Reynolds	15665,0092
Fricción	,02602219
L succión	0,275

- Toma de datos

Se tomaron los datos para el cálculo del caudal

Volumen	Tiempo (s)	Presión (Bar)	Caudal (m^3/s)
5L	15,87	-0,19	0,00037037
5L	16,81	0,25	0,00039216
Promedios	13,125	-	0,00038126

Por medio de una hoja de cálculo se calcularon las pérdidas de todo el sistema.

- Pérdidas por succión

he	0,04435331
hv	0,72384603
hf1	0,0373408
hc1 (dos codos de 90)	0,06386877

- Perdidas por descarga

hc1 (cuatro codos de 90)	0,25547507
Hc2 (codo de 45)	0,03406334
Hf2	0,13524159
Hv (dos válvulas de globo)	1,44769206

- Pérdidas totales: 2,74188097.

Se calculó la cabeza de la bomba 1

$$Hb = \left(\frac{5 - (-200)}{9810kN} \right) + 2,00550604 = 2,0264m$$

$$H = 9810 * 2,0264 * 0,00030625 = 6,087W$$

$$H = 0,006087kW$$

Eficiencia de la bomba 1

$$\eta = \frac{0,006087kW}{0,37kW} = 1.64\%$$

Se calculó la cabeza de la bomba 2

$$Hb = \left(\frac{25 - (-38)}{9810kN} \right) + 2,200550604 = 2,20637 \text{ m}$$

$$H = 9810 * 2,20637 * 0,00030625 = 6,628W$$

$$H = 0,006628kW$$

Eficiencia de la bomba 2

$$\eta = \frac{0,006628kW}{0,37kW} = 1.79\%$$

- análisis

Este sistema es el más ineficiente de todo el laboratorio, ya que presenta numerosas pérdidas en los accesorios y utiliza dos bombas. Como resultado, las bombas deben esforzarse más de lo necesario, lo que genera un alto gasto energético, considerando que su eficiencia es apenas del 1%.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Adicción tecnológica. (2013, August 29). *Conceptos básicos sobre metrología*. Metrología.
- ALFA LAVAL. (2020, August 10). *Calderas Industriales*. ALFA LAVAL .
- A.Mejia y J.Yory. (2017). *MANUAL DE LABORATORIO DE FLUIDOS Y TERMODINAMICA*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Centro de Estudios y Servicios en Salud. (2020, February 12). *Laboratorio*. Universidad Veracruzana.
- e-media. (2001, September 1). *¿calibración y verificación no son términos equivalentes?* Revista Española de Metrología.
- Facultad de Ingeniería. (2019). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS*. Universidad Anáhuac.
- Facultad de Ingeniería Mecánica. (2023). *Solicitud de Renovación de Registro Calificado* (pp. 60–85). Universidad Santo Tomás.
- Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, & Baptista Lucio Pilar. (1997). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Panamericana Formas e Impresos S.A., Ed.; 1st ed., Vol. 1).
- Mario Fernandez Osma. (2021, October 12). *¿Qué es el número de Reynolds?* Aerodinamicaf1.
- Miguel Ángel Monge Redondo. (2017, September 10). *Fundamentos básicos de hidráulica*. Iagua.
- Molecor. (2006, November 14). *Pérdidas de carga*. Molecor.
- SOLPRESS. (2021, May 11). *¿QUÉ ES LA PRESIÓN HIDRÁULICA?* SOLPRESS.
- Tecnológico de Monterrey. (2022, October). *Los laboratorios virtuales y su contribución al futuro de la educación*. Institute for the Future of Education .
- Universidad Tecnológica Metropolitana. (2018, January 1). *Uso de Rúbricas una Guía para el Profesor*.

University of Calgary. (2015, September 5). *Turbina*. Enciclopedia de Energía.

Uriarte Industrial. (2010, May 15). *¿ Qué es la hidráulica?* Uriarte Industrial .