

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica



**“DISEÑO DE UN BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA PARA EL
LABORATORIO DE TERMO FLUIDOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA”**

Tesis presentada por el Bachiller:

Huancara Quispe, Edwin Herbert

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Dr. Ing. Gordillo Andía, Carlos Alberto

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA - ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 27 de octubre del 2020

Dictamen: 001011-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001011, presentado por:

2011190231 - HUANCARA QUISPE EDWIN HERBERT

Titulado:

**DISEÑO DE UN BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA PARA EL
LABORATORIO DE TERMO FLUIDOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1733 - VALENCIA SALAS MARIO JOSÉ
DICTAMINADOR



1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR

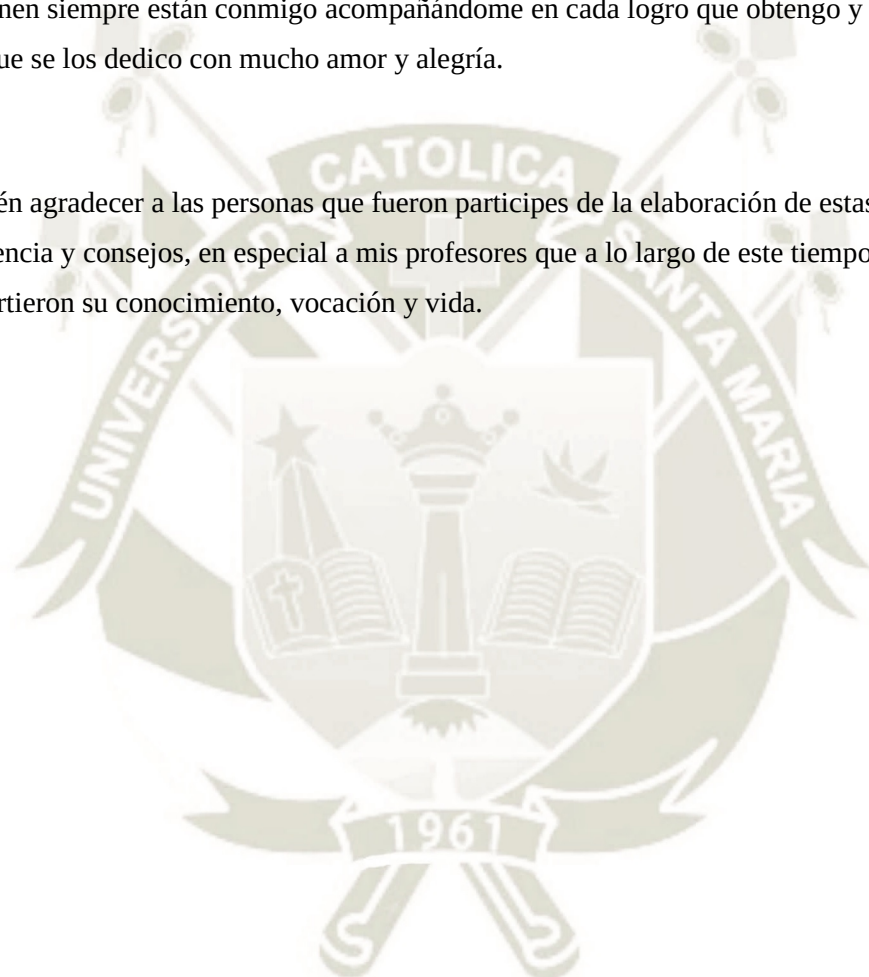


DEDICATORIA

Mi agradecimiento a Dios todo poderoso por la vida que me ha dado y por darme fortaleza para realizar esta tesis. Por tu Amor y misericordia infinita gracias Señor mío y Dios mío.

A mis padres por su amor y ejemplo en todo momento de mi vida, a pesar de las dificultades que tienen siempre están conmigo acompañándome en cada logro que obtengo y este es uno de ellos que se los dedico con mucho amor y alegría.

También agradecer a las personas que fueron partícipes de la elaboración de estas tesis, con su experiencia y consejos, en especial a mis profesores que a lo largo de este tiempo de estudios compartieron su conocimiento, vocación y vida.



RESUMEN

El módulo de medición de temperatura está compuesto por un conjunto de instrumentos de medición convencionales como los termómetros llenos de gas y líquido, termómetros bimetálicos; también consta de los sensores de temperatura eléctricos que son los más utilizados en aplicaciones de automatización, también se puede realizar ensayos de mediciones de la humedad relativa del aire, existiendo disponible un psicrómetro y además se utiliza un multímetro digital con resistencias de precisión para calibrar los dispositivos de medición eléctrica.

El objetivo del trabajo de investigación es diseñar un banco de medición de temperatura y construirlo para implementarlo en el laboratorio de termo-fluidos de Universidad Católica de Santa María y sea usado por los alumnos de las diferentes escuelas que usen el laboratorio. La metodología utilizada es de forma técnica aplicada, realizando la selección del módulo en función de los parámetros de temperatura y adicionalmente se pueda medir la humedad.

La conclusión final de la investigación es el diseño y construcción del banco de medición de temperatura utilizando termómetros de medición convencionales y termómetros eléctricos de medición de temperatura que emitirán una lectura de forma digital y la elaboración de un manual de usuario y guías de laboratorio para las prácticas y desarrollo de los ensayos de mediciones en el laboratorio de termo-fluidos.

Palabras claves: Banco de mediciones, Temperatura, Humedad, Termómetro.

ABSTRACT

The temperature measurement module is composed of a set of conventional measuring instruments such as gas and liquid filled thermometers, bimetallic thermometers; it also consists of the electrical temperature sensors which are the most used in automation applications, it is also possible to carry out tests for measuring the relative humidity of the air, a psychrometer is available and in addition a digital multimeter with precision resistors is used to calibrate the electrical measuring devices.

The objective of the research work is to design a temperature measurement bench and build it to be implemented in the thermo-fluids laboratory of the Catholic University of Santa Maria and to be used by the students of the different schools that use the laboratory. The methodology used is of a technical application form, carrying out the selection of the module according to the temperature parameters and additionally the humidity can be measured.

The final conclusion of the research is the design and construction of the temperature measurement bench using conventional measuring thermometers and electrical temperature measurement thermometers that will give a digital reading and the preparation of a user's manual and laboratory guides for the practice and development of measurement tests in the thermo-fluids laboratory.

Keywords: Measurement bench, Temperature, Humidity, Thermometer.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES	3
1.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO.....	3
1.1.1 Título de la tesis.....	3
1.1.2 Descripción.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específico.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.3.1 Originalidad	5
1.3.2 Importancia.....	5
1.3.3 Actualidad.....	6
1.3.4 Utilidad	6
1.3.5 Viabilidad	6
1.4 LIMITACIONES	6
1.4.1 Limitaciones Académicas.....	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 GENERALIDADES	7
2.2 LABORATORIO DE TERMO FLUIDOS	9
2.3 TERMOMETRÍA	12
2.3.1 HISTORIA DE LA TERMOMETRÍA.....	12
2.3.2 TEMPERATURA.....	28
2.3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	31
2.3.4 TIPOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	33
2.3.5 ESCALAS DE MEDICIÓN	33
2.3.6 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	39
2.4 TERMÓMETROS	39
2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TERMÓMETROS.....	40
2.5 MÓDULOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	51
2.6 SISTEMA DE MEDICIÓN	51
2.6.1 TIPOS DE SISTEMAS	52
2.7 ERRORES DE MEDICIONES	53
CAPÍTULO III DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL MÓDULO.....	56
3.1 ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN DEL BANCO DE MEDICIONES	56
3.2 DISEÑO DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	57
3.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIONES	58

CAPITULO IV: CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	67
4.1 DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL BANCO	67
4.1.1 Fabricación de la estructura	67
4.1.2 Fabricación de la base del circuito	69
4.1.3 Instalación del circuito eléctrico.....	70
4.2 PROCESO CONSTRUCTIVO.....	72
4.2.1 Alimentación eléctrica.....	72
4.2.2 Conexión de las salidas de los equipos electrónicos.	75
4.3 COSTOS DE FABRICACIÓN	76
4.3.1 Costo de fabricación de mueble y soporte.....	76
CAPITULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS DEL BANCO DE MEDICIÓN	78
5.1 PRUEBAS REALIZADAS EN LÍQUIDO	78
5.1.1 Prueba con PT 100.....	78
5.1.1. Prueba con K	79
5.1.2 Prueba con Termómetro bimetalico	80
5.1.3 Prueba con Termómetro de presión.....	81
5.1.4 Prueba con infra rojo	82
5.2 PRUEBAS REALIZADAS EN SÓLIDO	83
5.3 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE.....	84
5.3.1 Incertidumbre del termómetro PT100	84
5.3.2 Incertidumbre termómetro tipo K.....	85
5.3.3 Incertidumbre termómetro Bimetálico	86
5.3.4 Incertidumbre termómetro de presión	87
5.3.5 Incertidumbre termómetro Infrarrojo	88
5.3.6 Incertidumbre termómetro tipo K en pruebas en solido.....	88
5.4 PRUEBAS REALIZADAS EN PSICRÓMETRO.....	89
5.1.3. Medición usando la carta Psicrométrica.....	92
5.4.1 Medición usando la carta Psicrométrica online	95
5.4.2 Calculo psicrométrico mediante el software Greenheck HDPsyChart.....	96
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	99
PLANOS.....	102
ANEXOS	106
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	110
REGLAS DE OPERACIÓN DEL CALENTADOR AJUSTABLE DE LABORATORIO.....	111
INSTRUCCIONES DE USO	112
BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	112
PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	114
PLAN DE MANTENIMIENTO.....	115

ANEXO 1: GUÍA DE PRÁCTICA, RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	116
ANEXO 2: GUÍA DE PRÁCTICA DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN LÍQUIDO.....	124
ANEXO 3: GUÍA DE PRÁCTICA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO.....	138
ANEXO 4: GUÍA DE PRÁCTICA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA	148



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pabellón R de la UCSM Fuente: Universidad Católica Santa María – 2019.	10
Figura 2. Ubicación del laboratorio de Termo fluidos Fuente: Elaboración propia.....	11
Figura 3. Equilibrio Térmico. Fuente: Cengel (2011).....	29
Figura 4. Grafica Temperatura Bulbo Seco.....	30
Figura 5. Grafica Temperatura Bulbo Húmedo. Fuente: Torres (2015).	31
Figura 6. Medición de temperatura – Ley cero de la termodinámica.....	31
Figura 7. Escalas Termométricas. Fuente: Paz (2011).....	34
Figura 8. Termómetro de gas de volumen constante.....	37
Figura 9. Termómetros de Expansión. Fuente: Wika (2019)	40
Figura 10. Termómetros de Resorte. Fuente: Wika (2019).....	43
Figura 11. Termómetros de Resistencia Fuente: Grainger (2019)	44
Figura 12. Termopar. Fuente: Omega (2019).....	46
Figura 13. Sensores de Temperatura. Fuente: PCE-Iberica (2019).....	47
Figura 14. Pirómetro. Fuente: Tecnocenter (2019)	48
Figura 15. Termistor. Fuente: Ingeniería Mecafenix (2019).....	49
Figura 16. Termocupla. Fuente: GSA Térmicos (2019).....	51
Figura 17. Modelamiento del banco de pruebas.....	67
Figura 18. Estructura del mueble base del módulo-Inventor.	68
Figura 19. Modelamiento de mueble base del módulo-Inventor.....	69
Figura 20. Base del circuito.....	70
Figura 21. Diagrama eléctrico del Módulo de medición.....	70
Figura 22. Cable de alimentación.....	72
Figura 23. Derivación del interruptor general al tomacorriente doble.....	73
Figura 24. Derivación del interruptor principal hacia los componentes electrónicos ...	73
Figura 25. Borneras de alimentación.....	74
Figura 26. Conexión de equipos y toma de fuerza.	74
Figura 27. Conectores tipo U.	75
Figura 28. Prueba con PT 100.....	78
Figura 29. Prueba con K.....	79
Figura 30. Prueba con Termómetro Bimetálico.	80
Figura 31. Prueba con Termómetro de presión.	81
Figura 32. Prueba con Infra rojo.....	82
Figura 33. Pruebas en Sólido.....	83
Figura 34. Desviación estándar PT 100.....	84
Figura 35. Desviación estándar K	85
Figura 36. Desviación estándar Bimetálico.....	86
Figura 37. Desviación estándar termómetro de presión	87
Figura 38. Desviación estándar termómetro tipo K Solido.	89
Figura 39. Psicrómetro.	89
Figura 40. Esquema de la carta Psicrométrica.....	93
Figura 41. Medición psicrométrica.	94
Figura 42. Diagrama Psicométrico	95
Figura 43. Diagrama psicométrico mediante el software Greenheck HDPsyChart	96
Figura 44. Diagrama de componentes de medición de temperatura.	118
Figura 45. Procedimiento de Instalación	121

Figura 46. Termómetro PT100.....	127
Figura 47. Termómetro NTC.....	128
Figura 48. Termómetro K.....	129
Figura 49. Termómetro bimetalico.....	129
Figura 50. Termómetro de presión	130
Figura 51. Termómetro Infrarrojo	131
Figura 52. Termopar tipo K.....	141
Figura 53. Uso del Psicrómetro de bulbo seco y húmedo	152



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Conversión de Temperaturas.</i>	38
Tabla 2. <i>Indicadores de temperatura digitales.</i>	59
Tabla 3. <i>Descripción termómetro PT 100.</i>	60
Tabla 4. <i>Descripción Termómetro NTC.</i>	60
Tabla 5. <i>Descripción Termómetro tipo K.</i>	61
Tabla 6. <i>Descripción Termómetro de bulbo seco y húmedo.</i>	62
Tabla 7. <i>Descripción Termómetro Bimetálicos.</i>	63
Tabla 8. <i>Descripción Termómetro de presión.</i>	63
Tabla 9. <i>Descripción Termómetro de Resistencia.</i>	64
Tabla 10. <i>Descripción Botón de encendido del banco.</i>	65
Tabla 11. <i>Descripción Calentador de tasa Medidora.</i>	65
Tabla 12. <i>Descripción Caja de Almacenamiento.</i>	66
Tabla 13 <i>Costo de fabricación de mueble y soporte.</i>	76
Tabla 14 <i>Costo de instrumentos de medición.</i>	77
Tabla 15 <i>Resultados de medición termómetro PT100.</i>	78
Tabla 16. <i>Lectura con PT 100.</i>	79
Tabla 17 <i>Resultados de medición del termómetro tipo K.</i>	79
Tabla 18 <i>Resultados de medición del termómetro Bimetálico.</i>	80
Tabla 19 <i>Resultados de medición del termómetro de Presión.</i>	81
Tabla 20 <i>Resultados de medición del termómetro Infrarrojo.</i>	82
Tabla 21 <i>Resultados de medición en sólidos.</i>	83
Tabla 22 <i>Incertidumbre del termómetro PT100.</i>	84
Tabla 23 <i>Incertidumbre termómetro Tipo K.</i>	85
Tabla 24 <i>Incertidumbre termómetro tipo bimetálico.</i>	86
Tabla 25 <i>Incertidumbre termómetro de presión.</i>	87
Tabla 26 <i>Incertidumbre termómetro infrarrojo.</i>	88
Tabla 27 <i>Incertidumbre termómetro tipo K en pruebas en sólido.</i>	88
Tabla 28. <i>Medición usando la carta Psicrométrica.</i>	93
Tabla 29. <i>Resultados de medición usando la carta Psicrométrica online.</i>	95
Tabla 30. <i>Resultados software Greenheck HDPsyChart.</i>	96
Tabla 31. <i>Componentes del banco de medición de temperatura.</i>	118
Tabla 32. <i>Resultados en posición del calentador.</i>	134

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente investigación se refiere al diseño y construcción de un banco de mediciones del parámetro de temperatura en líquidos y sólidos para ser implementado en el laboratorio de termo-fluidos de la Universidad Católica Santa María, ya que se vio la necesidad de su implementación para un mejor entendimiento sobre la materia referida a la temperatura en el dictado de los cursos de pregrado como es el curso de termodinámica.

La característica principal de este banco de mediciones el uso de varios instrumentos de medición tanto convencionales como de alimentación eléctrica con lecturas en equipos digitales, adicionalmente se cuenta con psicrómetro para poder realizar mediciones de humedad del aire, este banco está diseñado y construido para ser instalado en el laboratorio de la universidad.

El interés del desarrollo de la investigación es académico buscando reforzar los conocimientos teóricos y aplicarlos de forma práctica en el laboratorio realizando las mediciones de líquidos y sólidos para ver su comportamiento y su variación en el tiempo.

La finalidad es el diseño y construcción del banco de medición de temperatura, siendo la justificación para el desarrollo del trabajo de investigación que se desarrolla de la siguiente forma:

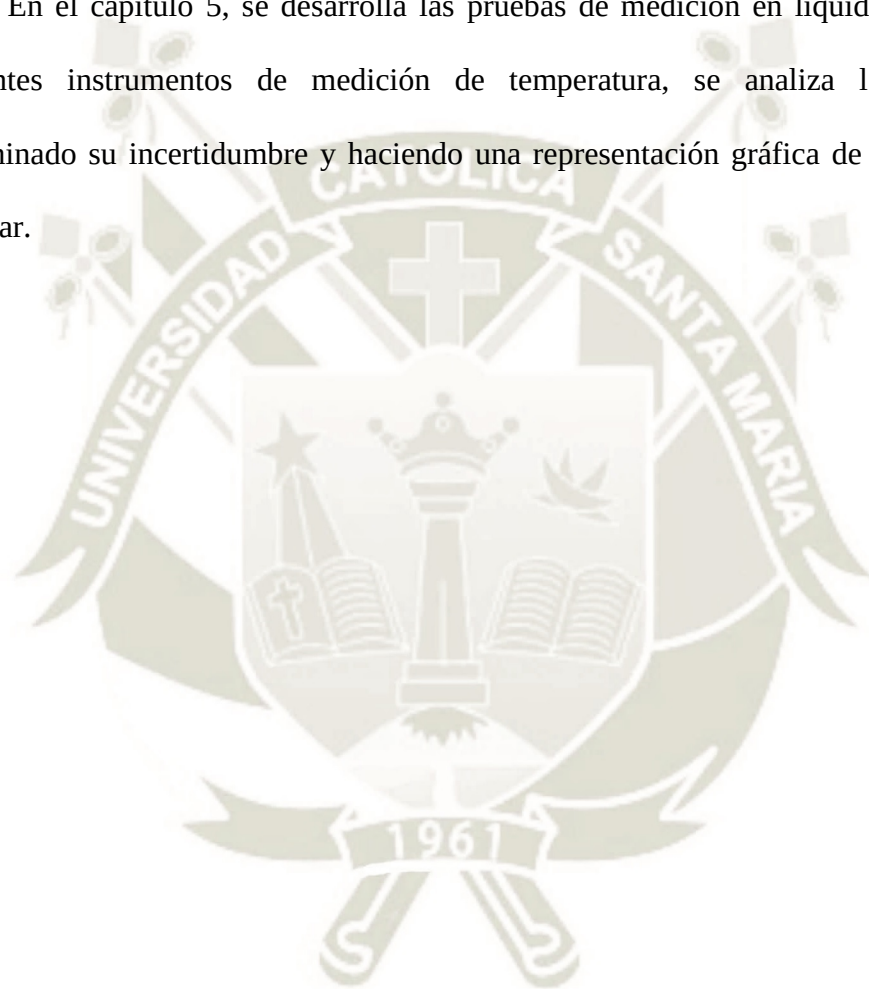
En el capítulo 1, se desarrolla las generalidades de la investigación, se realiza el planteamiento del problema, trazando los objetivos que se buscan conseguir y justificando las razones para el desarrollo.

En el capítulo 2, se redacta el marco teórico, resaltando y definiendo los conceptos que son necesarios conocer para poder entender mejor el tema de la investigación.

En el capítulo 3, se evalúa las alternativas y desarrollará la forma de cómo se diseñará y los criterios de selección de los componentes del banco de medición a usar.

En el capítulo 4, se describe el proceso de construcción de la base y soportes del banco de mediciones y se establece los costos necesarios para su construcción.

En el capítulo 5, se desarrolla las pruebas de medición en líquidos usando los diferentes instrumentos de medición de temperatura, se analiza los resultados determinado su incertidumbre y haciendo una representación gráfica de su desviación estándar.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1.1 Título de la tesis

“DISEÑO DE UN BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA PARA EL LABORATORIO DE TERMO FLUIDOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA”

1.1.2 Descripción

a) Área del conocimiento

El desarrollo del proyecto está enfocado para ser utilizado en el área de Ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica, exclusivamente para implementar el laboratorio de Termo fluidos para la realización de mediciones y trabajos experimentales.

b) Identificación del problema y alternativas de solución

Debido a la creación de una nueva infraestructura para la escuela de Ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica, se ve la necesidad de implementar los laboratorios usados por los alumnos. En busca de esta mejora se propone el desarrollo del siguiente proyecto como tema de tesis el cual consiste en el diseño de un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo-fluidos de la EPIMMEM de la universidad.

Mediante la implementación de este módulo se permitirá que los alumnos puedan realizar medidas de la temperatura siendo esta una de las tareas básicas en metrología. El módulo a desarrollar cubre los tipos de medición por sensores de temperatura eléctricos

aplicados en la automatización, mediciones convencionales y toda la gama completa de métodos de medición de temperatura.

Una vez implementado el módulo en el laboratorio, los alumnos podrán llevar a la practica la teoría aprendida en los salones de clases, teniendo materiales de ayuda para el manejo del módulo y guías de laboratorio según el tema a desarrollarse, pudiendo comparar los resultados obtenidos con el sistema y calcular su valor de incertezas de las mediciones realizadas.

c) Tipo de investigación

El presente proyecto es de tipo de investigación experimental, realizando pruebas de mediciones reales de temperatura, aplicando todos los conocimientos teóricos adquiridos en el desarrollo de la carrera y exclusivamente para el curso de laboratorio de Termo-fluidos establecidos por la universidad.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo-fluidos de la EPIMMEM para la Universidad Católica de Santa María.

1.2.2 Objetivos Específico

- Desarrollar las actividades metodológicas y procedimentales para la implementación del Laboratorio de Termo-fluidos.
- Implementar al Laboratorio de Termo-fluidos con instrumentos y equipos de ensayo respecto a mediciones de temperatura.

- Elaborar un Manual de Protocolo de los instrumentos y equipos de ensayo implementados.
- Demostrar mediante prácticas experimentales el funcionamiento de equipos de ensayo en el laboratorio de Termo-fluidos relacionado con las mediciones de temperatura.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se justifica el presente proyecto de tesis debido a la creación de una nueva infraestructura de la escuela de Ingeniería Mecánica, siendo una necesidad mejorar e implementar un laboratorio de termo-fluidos debidamente equipado, para el desarrollo teórico-práctico de estudiantes y docentes de la escuela.

Con la ejecución del proyecto se busca tener un laboratorio óptimo, moderno y tecnológico acorde con las nuevas exigencias pedagógicas.

1.3.1 Originalidad

El desarrollo del presente modulo busca mejorar los conocimientos teóricos-prácticos de los métodos de medición eléctricos y no eléctricos, como los termómetros llenos de gas-líquido y los termómetros bimetálicos.

1.3.2 Importancia

La configuración de medición de temperatura del proyecto cubre la gama completa de métodos de medición de temperatura.

1.3.3 Actualidad

Los sensores para la medición de la temperatura de característica eléctrica son los más utilizados en aplicaciones de automatización, pero los tipos de termómetros convencionales todavía se aplican ampliamente en muchas áreas.

1.3.4 Utilidad

Siendo de utilidad académica, buscando mejorar el aprendizaje de los alumnos de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica reforzando los conocimientos adquiridos en termodinámica.

1.3.5 Viabilidad

El proyecto resulta viable por ser de tipo académico, contando con acceso a información y conocimientos necesarios para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados, además se cuenta con los recursos técnicos para la fabricación de este módulo, financiamiento y tiempo para el desarrollo de la investigación.

1.4 LIMITACIONES

1.4.1 Limitaciones Académicas

No se cuenta con limitaciones académicas, debido al acceso a información existente y a estudios realizados anteriormente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

En la termometría una de las aplicaciones más utilizadas por las personas para el control y monitoreo de la temperatura de un cuerpo, objeto, maquinas, ambientes, etc. Es la utilización de termómetros de diferentes configuraciones y clases siendo especificados para cada estilo de trabajo siendo de gran ayuda el monitoreo en tiempo real de la temperatura para así controlar el nivel de temperatura.

Conforme la tecnología avanza los medidores de temperatura también fueron mejorando a nivel de precisión, composición, principios de funcionamiento, etc. Donde se pueden encontrar los diferentes tipos de medidores de temperatura como pueden ser los termómetros de dilatación, de resorte, sensores eléctricos, pirómetros y demás.

El instrumento de medición tiene un campo muy amplio de aplicación ya sea industrial o con fines educativos dando una aplicación en módulos de medición de temperatura, así como también existen módulos de medición de presiones, fuerza – desplazamiento y demás. A continuación, se observa algunos antecedentes a nivel internacional, nacional y local sobre lo que son los medidores de temperatura y módulos de medición.

Sánchez (Ecuador - 2015), en la tesis titulada Diseño e Implementación de un Banco de Prueba para el Contraste de Instrumentos de las Variables Físicas Temperatura y Presión. que tuvo como objetivo general diseñar e implementar un banco de pruebas para el contraste de instrumentos de las variables físicas como temperatura y presión siendo una investigación descriptiva llegando a la conclusión que el dispositivo que se ha

diseñado e implementado evalúa la temperatura para compararla conjuntamente en un rango predeterminado.

Barbecho y Sarmiento (Ecuador - 2013), en la tesis titulada Diseño e Implementación de Tres Bancos de instrumentación Industrial para la Medición de Fuerza – Desplazamiento y Temperatura en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca que tuvo como objetivo general de establecer condiciones de frontera, soporte y los diferentes parámetros elásticos siendo una investigación descriptiva llegando a la conclusión que se logró implementar con éxito los tres bancos de medidores industriales considerando las nuevas tecnologías.

Jaramillo & Quito (Ecuador - 2016), en la tesis titulada Implementación de un Módulo de Instrumentación para Medir y Controlar Variables de Presión, Temperatura, Caudal y Nivel, en el Laboratorio de Automatización Industrial en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH que tuvo como objetivo general Implementar un módulo de instrumentación para la medición y buen control de las variables de presión, temperatura, caudal y nivel, en el laboratorio de automatización industrial en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH siendo una investigación descriptiva llegando a la conclusión que el módulo de instrumentación demuestra ser confiable y seguro, puesto que es capaz de controlar y medir las cuatro variables y simular un proceso industrial y adicionalmente se recomienda que el usuario debe tener previos conocimientos para manipular todos los elementos que fueron incorporados para el módulo de instrumentación.

Perea (Colombia - 2016), en la tesis titulada Diseño de un Sistema de Monitoreo, Registro y Control de Temperatura y Humedad para un Cultivo de Invernadero que tuvo como objetivo general desarrollar un sistema automático que nos permita un buen monitoreo de las variables físicas, temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y

luminosidad, así mismo el control de la temperatura y la humedad en un sistema de invernadero con registro de variables en una base de datos online con lenguaje SQL siendo una investigación experimental llegando a la conclusión que gracias al desarrollo de este nuevo diseño el sistema de costo y la rápida implementación permite un mejor registro y control físico del invernadero.

Lindao (Peru - 2018), en la tesis titulada Diseño y Fabricación de Prototipo de Banco de Pruebas Portables para Medidores de Agua Potable que tuvo como objetivo general construir un equipo para la lectura del caudal, la presión y la temperatura del agua de consumo humano en las conexiones domiciliarias, comerciales e industriales del ámbito de la EPS Grau siendo una investigación descriptiva llegando a la conclusión que gracias a la creación de este diseño se ha desarrollado una nueva forma de evaluar parámetros que brindan los medidores.

2.2 LABORATORIO DE TERMO FLUIDOS

Los 3500 alumnos aproximados de las escuelas profesionales de ingenierías: industrial, minas, mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica; se beneficiaron con la construcción de un nuevo pabellón que cuentan con nuevas aulas y doce laboratorios, los cuales fueron equipados con tecnología de última generación, gracias a la modernización e implementación de los cinco pisos del pabellón “R” en el campus central de Umacollo.



Figura 1. Pabellón R de la UCSM

Fuente: Universidad Católica Santa María – 2019

El laboratorio de termo fluidos es donde se realiza el estudio en las materias de dinámica de fluidos y termodinámica aplicando los conocimientos teóricos a la realidad en sistemas reales, en los laboratorios se encuentran los instrumentos de medición de temperatura en los diferentes cuerpos, líquidos y gases para después poder analizar el comportamiento de ellos.

Un laboratorio de termo fluidos es de gran importancia ya que los operarios podrán elaborar informes técnicos del estudio realizado y también corroborando los errores absolutos y relativos que pueden tener las mediciones.

El alumno obtendrá los conocimientos necesarios para resolver problemas relacionados con la circulación de fluidos que se presentan habitualmente en el ejercicio profesional de la Ingeniería Industrial de campo.

También se desarrollará en el estudiante el pensamiento crítico y analítico, a través de la realización de informes escritos en todas las prácticas donde se transmita la

información de los fenómenos físicos observados de manera real, y las posibles fuentes de errores que hagan que los resultados se desvíen de los principios teóricos esperados.

La UCSM cuenta con un laboratorio de termo-fluidos que está a disposición de los alumnos de las carreras de ingeniería, este laboratorio se encuentra en el cuarto piso del pabellón " R", donde se trabaja con los siguientes equipos:

- Módulo de aire acondicionado.
- Módulo de bombas múltiples.
- Módulo de medidores de presión.
- Módulo de bombas y tuberías.
- Módulo de turbina Francis.

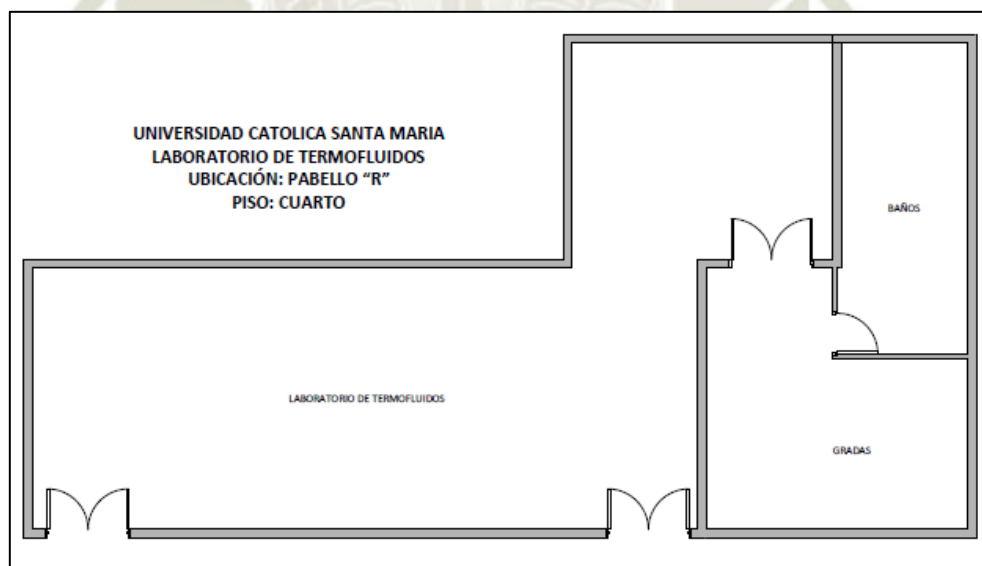


Figura 2. Ubicación del laboratorio de Termo fluidos

Fuente: Elaboración propia

2.3 TERMOMETRÍA

La termometría abarca todo lo relacionado con la medición de la temperatura incluyendo la descripción de los instrumentos de medición (termómetros) utilizados, los protocolos usados y establece las escalas termométricas. (Velasco Maillo & Fernandez Pineda, 2005)

La temperatura es una de las siete magnitudes físicas fundamentales del sistema internacional de medida y forma parte de la termodinámica a través de la ley cero de la termodinámica que habla de la temperatura empírica como propiedad común que tienen los sistemas que se encuentran en equilibrio térmico y la segunda ley de la termodinámica, donde se usa el concepto de temperatura termodinámica independiente de las propiedades de cualquier sustancia particular.

2.3.1 HISTORIA DE LA TERMOMETRÍA

- Filón de Bizancio (siglo III a.c), se le atribuye la invención de un instrumento denominado “termoscopio de filon”, compuesto por un recipiente metálico que contenía parcialmente aire y agua con un orificio estrecho que se introducía en un recipiente con agua, el agua ingresaba y salía del recipiente al disminuir o aumentar su temperatura del aire.
- Heron de Alejandria (siglo I d.c.), se le atribuye la denominada fuente de Herón, compuesto por un recipiente conectado por su parte inferior a 2 envases esféricos, puestos uno encima del otro, cada uno con aire y agua en su interior; estando sus cámaras de aire conectadas entre sí; de modo que el agua se transmite a través del aire de las esferas, al agua de la esfera superior, la misma que brota por un conducto en el centro del recipiente.

- Claudio Galeno (129-201), Estableció cuatro variaciones de grados (estos a su vez subdivididos en otros 3 cada uno): de calor, de frío, de sequedad y de humedad; con la posibilidad de combinarlos entre sí.
- Galileo Galilei (1564-1642), redescubrió el termoscopio construyendo uno nuevo consistente en una esfera vidriada con aire de cuya parte inferior descendía un tubo con terminación en un recipiente, ambos contenían agua. El nivel del agua en el tubo bajaba o subía según la temperatura en que se encontrase el aire de la esfera. El cambio del nivel del líquido dependía en parte de la presión atmosférica, por lo que se entendía al dispositivo como una mezcla de termómetro y barómetro (termo baroscopio).
- Santorio (1561-1636) Introdutor de un termómetro clínico, este aparato medía la temperatura con respecto a dos referencias graduales: la temperatura de la nieve y la de la llama de una vela. A su vez, se le atribuye también, un intento por medir la temperatura de la Luna haciendo incidir, mediante un espejo, un haz luminoso procedente de ella sobre el bulbo del dispositivo.
- Giovanni Francesco (1571-1620). Se le atribuye la primera utilización de la palabra grado en una escala de temperaturas. Definió dos puntos referentes en el termoscopio de Galileo, dividiendo el intervalo en 360 partes, esto con similitud a los 360° de una circunferencia, por lo que utilizó la palabra grados para dichas divisiones.
- Jean Leurechon (1593-1670). En su libro “Récréation mathématique”, aparece por primera vez la representación del termómetro (instrumento utilizado por

Santorio), definido como un “instrumento para medir los grados de calor o de frío que están en el aire”.

- Jean Rey (1582-1645). Se le atribuye la construcción, de un termómetro no sellado de vidrio que contenía agua como líquido termométrico.
- Comelius Drebbel (1572-1633). Elaboró un dispositivo basado en la dilatación del aire (parecido al atribuido a Filón). En 1636 Kaspar ENNS publicó “El taumaturgo matemático”, libro que habla del dispositivo de Drebbel, en el que se distinguen 8 grados de temperatura.
- Fernando II de Médicis (1610-1670). Se le atribuye la construcción de un tubo vidriado y sellado en sus extremos (independiente de la presión exterior), lleno de alcohol y con esferas de vidrio en su interior pesos variados; la variación de la temperatura era proporcional a la de la densidad del alcohol, cambiando así el estado de flotación (principio de Arquímedes) de las esferas y su nivel en el interior del tubo.
- Academia del Cimento de Florencia. (1657). Sus primeros miembros midieron sistemáticamente la temperatura, presión y humedad del aire. Construyen una gran gama de termómetros vidriados, sellados y llenos alcohol en vez de agua. Los termómetros florentinos fueron conocidos y reproducidos en toda Europa, esto permitió el desarrollo de la ciencia experimental.
- Otto Von Guericke (1602-1686). Construyó un termómetro que consistía en una esfera de latón con aire, y con un tubo en U lleno de alcohol y abierto por uno de sus extremos. La temperatura la indicaba un muñeco conectado con un cable y

una polea a un envase de latón que flotaba sobre el alcohol en el extremo abierto del tubo.

- Christian Huygens (1629-1695). Señaló la posibilidad de utilizar la temperatura de ebullición del agua como punto de referencia.
- Robert Hooke (1635-1703). Construyó un termómetro de etanol. En él, el cero era definido por el punto de solidificación del agua destilada y los grados correspondían a milésimas del volumen inicial. En 1663, la Royal Society de Londres propuso uno de sus termómetros como referencia para comparar su lectura con la de otros, permitiendo uno de los primeros intentos de calibración y estandarización entre termómetros.
- Isaac Newton (1642-1727). Describe una escala de 12 grados (como las 12 pulgadas que tiene un pie), estableciendo un rango de 0° a 12° , siendo 0 la temperatura de fusión del hielo y 12 "a la temperatura de una persona sana". En esta escala, 34° corresponde al punto de ebullición del agua. Propuso el aceite de lino como líquido termométrico.
- Guillaume Amontons (1663-1705). Inventor de un termómetro de aire, consistía en una esfera de vidrio de cuya parte inferior partía un tubo angosto en forma de U abierto. El tubo contenía mercurio, este mismo estancaba el aire de la esfera. Amontons estableció dos puntos referentes: el punto de ebullición del agua y el punto en el que "el aire pierde su elasticidad". Con este termómetro afirmó que "el agua hirviendo no puede adquirir mayor grado de calor, cualquiera que sea el tiempo que esté sobre el fuego, y lo grande que éste sea". La observación de que una disminución en la temperatura de una cierta cantidad de gas es directamente

proporcional a su presión, y puesto que ésta no puede ser negativa, le permitió deducir la idea de un límite inferior de la temperatura (idea del cero absoluto).

- Ole Christensen Romer (1644-1710). Se le atribuye la construcción de un termómetro que utilizaba alcohol etílico coloreado con azafrán como líquido termométrico, el cero se marcaba en una mezcla de hielo y sal, la división 7,5 en la nieve y la 60 en el agua hirviendo. En este termómetro la temperatura del cuerpo humano era de 22,5 grados.
- Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736). Construyó diversos termómetros de alcohol. Fue el inventor del termómetro de mercurio, así como de diversos aparatos meteorológicos. En 1709, introdujo una escala de temperaturas basada en la utilización de dos puntos fijos. El primer punto lo representa como la más fría del invierno ayudada con una mezcla de hielo, sal y cloruro amónico, asignándole el valor de 0°. Para el segundo punto tomó la temperatura del cuerpo humano, asignándole el valor de 96°. Fahrenheit definió en esta escala, los puntos de solidificación y ebullición del agua a nivel del mar con los valores de 32° y 212°, respectivamente.
- René Antoine Ferchault de Reamur (1683-1757). En 1730 propuso una escala que consistía un único punto fijo y con divisiones según la expansión del líquido termométrico. Utilizando grandes termómetros (con bulbos de ~10cm de diámetro y tubos de ~1,5 m de longitud) y una disolución de alcohol y agua, comprobó una dilatación en 80 milésimas de su volumen inicial cuando su temperatura se incrementaba desde el punto de fusión al punto de ebullición del agua, concluyendo que 80 era "un buen número para dividir en partes". Dada esta

conclusión el valor del punto de ebullición del agua, fue equivocadamente como 80°.

- John Harrison (1693-1776). En 1735 concibió el primer dispositivo basado en la dilatación térmica de los metales para detectar cambios de temperatura. Utilizó una lámina formada por 2 metales distintos soldados a lo largo entre sí construyeron un mecanismo de relojería para detectar las variaciones de temperatura a bordo de un barco. Es el precursor de los termómetros bimetalicos (BiMets).
- Pieter Van Musschenbroeck (1692-1761). En 1740 construyó un dispositivo para medir la temperatura de un horno, basado en la dilatación de una barra metálica expuesta a la radiación de las llamas del horno.
- Anders Celsius (1701-1744). En 1741 publicó "Observaciones sobre dos grados persistentes en un termómetro" en el propuso una escala que toma como puntos fijos el punto de solidificación y el de ebullición del agua, con valores de 100° y 0° respectivamente.
- Jean-Pierre Chrjstin (1683-1755). En 1743, propuso la escala que había propuesto Celsius, pero con el valor 0° para el punto de fusión y 100° para el punto de ebullición del agua.
- Charles Cavendish (1703-1783). Construyó el primer termómetro de máxima y mínima utilizando alcohol como líquido termométrico y con dispositivos separados.
- Josiah Wedgwood (1730-1795). En 1782 se basó en la distorsión de las figuras de arcilla para determinar la temperatura de los hornos de cerámica. Es el pre- cursor

de los actuales "conos pirométricos" utilizados en la supervisión de hornos de cerámicas y de uso industrial.

- James Six (1731-1793). En 1782, construyó un termómetro de máxima y mínima formado por un tubo vidriado en U lleno de mercurio y alcohol y dos piezas metálicas en cada rama del tubo.
- Friedrich William Herschel (1738-1800). En 1800 formó un espectro de luz solar con un prisma y utilizó un termómetro de mercurio con el fin de comprobar si unos colores eran más "calientes" que otros. Así observó que la temperatura aumentaba a medida que se encontraba más cerca el rojo del espectro. Al mover el termómetro pasando el rojo del espectro, comprobó también que la temperatura seguía aumentando, así definió como infrarrojo a dicha región. Herschel fue el primero en usar tanto un termómetro como un prisma para medir "la cantidad de calor" de cada color por tanto se lo considera un pionero de la termometría de radiación.
- Pierre Simón de Laplace (1749-1827). En 1816, con la hipótesis de que "la propagación del sonido en un fluido es un proceso adiabático en vez de isoterma", Relacionar la velocidad del sonido con la temperatura del fluido. Finalmente, este es el fundamento de los termómetros acústicos.
- Pierre Louis Dulong (1785-1838) y Alexis Thérèse Petit (1791-1820). Construyeron un termómetro basado en la medida del peso de un líquido que desborda debido a la dilatación que sufre el recipiente al aumentar la temperatura
- Abraham Louis Breguet (1747-1823). En 1817 construyó un termómetro que consistía en un resorte espiral de tres láminas metálicas (platino, oro y plata)

con diferente coeficiente de expansión y soldadas entre sí. Uno de los extremos del resorte estaba unido a una aguja indicadora, esto para observar con exactitud el cambio de curvatura de la espiral resultante de la variación de temperatura.

- Thomas Johann Seebeck (1770-1831). En 1821 descubrió por casualidad el efecto Seebeck, al comprobar que una lámina de cobre y otra de bismuto formando un circuito, se producía en él una corriente eléctrica cuando sujetaba, una de las uniones manualmente. Este fenómeno se conoce como termoelectricidad y es el fundamento de los termopares.
- Antoine Henri César Becquerel (1788-1878). En 1826 construyó el primer pirómetro, usando par termoeléctrico.
- Michael Faraday (1791-1867). En 1833 publicó un trabajo acerca de las propiedades semi conductoras del Ag_2S mostrando que su resistividad eléctrica era inversamente proporcional a la temperatura, por lo que puede considerarse el primer termistor NTC (Negative Coefficient Temperature).
- Christian Andreas Doppler (1803-1853). En 1842 publicó un trabajo en el que relaciona la frecuencia del sonido con su velocidad relativa respecto del observador. El ensanchamiento por efecto Doppler y su dependencia con la temperatura de las líneas espectrales de un objeto en movimiento es el punto de partida de los espectrógrafos térmicos utilizados para medir las temperaturas estelares.
- William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907). En 1848 se percató de que el principio de Carnot llevaba a definir que las escalas de temperaturas son

independientes de las propiedades de cualquier sustancia, para luego proponer una escala conocida Kelvin.

- Adolf Ferdinand Svanberg (1806-1857). Se le atribuye, la construcción del primer termómetro de resistencia eléctrica con base en el incremento de la resistencia eléctrica de los metales.
- William John Macquorn Rankine (1820-1872). En 1859 propuso la escala de temperatura Rankine, basada en la escala Fahrenheit, sin embargo, considerando el punto cero como la temperatura del cero absoluto.
- Samuel Pierpoint Langley (1834-1906). En 1861 construyó el bolómetro, un instrumento que mide la energía de la radiación térmica partiendo del cambio de temperatura de un termómetro de resistencia en el que incide la radiación. Con este dispositivo calculó la temperatura de la superficie del sol como 6427°C .
- Thomas Clifford Allbut (1836-1925). En 1867 inventó el termómetro clínico, un termómetro de mercurio de pequeña longitud (-12 cm) cuyo capilar posee un estrechamiento que se obstruye al enfriarse la columna de mercurio dejando fija la parte superior.
- Josef Stefan (1835-1893). En 1879 encontró empíricamente que la radiación emitida por un cuerpo caliente es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura termodinámica (Ley de Stefan-Boltzmann). Este es el fundamento de los pirómetros de radiación total. Utilizando esta ley, se estimó la temperatura de la superficie del sol de 6000°C .
- Pierre Eugène Chappuis (1855-1916). Entre 1884 y 1887, relacionó las lecturas de los mejores termómetros de mercurio con los valores obtenidos utilizando

termómetros de gas a volumen y presión constante con Hidrógeno, Nitrógeno y Dióxido de carbono como gases termométricos.

- Hugh Longbourne Callendar (1863-1930). En 1886, construyó un termómetro de platino por medio de una ecuación parabólica (ecuación de Callendar), para adaptar la resistencia, medida por el método del puente de Wheat stone, con la temperatura en el rango de -40°C a 500°C .
- Hugh Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894). En 1887, se dio cuenta que, al iluminarse 2 electrodos con luz ultravioleta, el arco que salta entre estos es de mayor distancia que cuando se dejan en la oscuridad, convirtiéndose en el primer experimento en el que se nota que la superficie de un metal emite electrones cuando incide sobre él luz de frecuencia suficientemente elevada. Este fenómeno es conocido como efecto fotoeléctrico y es el fundamento de los pirómetros fotoeléctricos.
- Ernest Otto Beckmann (1853-1923). En 1888 inventó un termómetro de mercurio con el objetivo de evaluar variaciones de temperatura del orden de $0,01^{\circ}\text{C}$, en la determinación de masas molares de solutos a partir del aumento ebulloscópico y la disminución crioscópica de disoluciones acuosas disueltas.
- Friedrich Reinitzer (1857-1927). En 1888 descubrió el “cristal líquido” estudiando la influencia del colesterol en las plantas, al notar que una sustancia sólida orgánica relacionada con el colesterol presentaba dos puntos de fusión, uno donde fundía a un líquido lechoso y otro a un líquido claro, este último a una temperatura más alta. El primero de ellos presentaba birrefringencia y colores iridiscentes.

- Henri Louis Le Chatelier (1850-1936). En 1892 construyó un pirómetro óptico, un instrumento que mide la temperatura de un objeto comparando la luz que emite con la de una fuente de referencia.
- Werner Otto Fritz Franz Wien (1864-1928). En 1893, haciendo uso de un horno con un pequeño orificio asemejándose a un "cuerpo negro", notó que la longitud de onda que corresponde al máximo de la radiación emitida por un cuerpo caliente es inversamente proporcional a la temperatura termodinámica, conocida como "ley del desplazamiento de Wien".
- Pierre Curie (1859-1906). Demostró experimentalmente que la imanación de una sustancia paramagnética es proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado e inversa a su temperatura termodinámica, conocida como "Ley de Curie".
- Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947). En 1900, partiendo de las ecuaciones de Wien y de Rayleigh para la radiación de un cuerpo negro, concluyó una expresión que se conoce hoy día como la ley de la radiación de Planck. Esta supone el comienzo de la mecánica cuántica y contiene todos los conceptos teóricos de la termometría de radiación.
- Paul Ulrich Yillard (1860-1934). En 1900 descubrió una tercera emisión radioactiva que denominó rayos gamma, de menor longitud de onda que los rayos X. La distribución angular de rayos gamma depende de la temperatura y es uno de los métodos primarios de medida de la temperatura termodinámica.
- Charles Féry (1865-1935). En 1902, construyó un pirómetro de radiación, conocido como "lunette de Féry", utilizado en la actualidad en la siderurgia. Este

consiste en un telescopio con un espejo cóncavo que enfoca la radiación en la soldadura caliente de un termopar.

- John Bertrand Johnson (1887-1970). En 1927-28 realizó observaciones cuantitativas sobre el denominado ruido Jhonson, oscilaciones en el voltaje eléctrico generadas por la agitación térmica de los electrones en un conductor.
- Chandrasekhara Yenkata RAMAN (1888-1970). En 1928 descubrió el efecto Raman, en el scattering de luz monocromática que da lugar a espectros que contienen información sobre los modos de bajas frecuencias de las moléculas. En la década de 1960, con el uso del láser como fuente de radiación monocromática intensa, se dio un auge de la espectroscopia Raman. Debido a que existe una dependencia entre la temperatura del desplazamiento de las emisiones Raman de una molécula, y la longitud de onda, se supuso una utilización de termometría. La termometría Raman es imprescindible de calibración y la precisión de sus medidas de temperatura es dependiente en totalidad de la precisión de los datos espectroscópicos.
- William Francis Giaque (1895-1982). En 1939, propuso la utilización de una función lineal sin término independiente como función termométrica y el punto triple del agua como único punto fijo para calcular el valor de la constante de proporcionalidad.
- Russell Ühl (1898-1987). En 1940, descubrió casualmente la combinación p-n en un cristal de silicio con impurezas que presentaba una fisura interiormente, observó así que existía en determinadas circunstancias un flujo de corriente eléctrica en una dirección a través de la fisura. El voltaje a través de esta unión p-

n semiconductor depende de la temperatura proporcionando así un dispositivo para la medida de la misma.

- Edward Milis Purcell (1912-1997) y Felix Bloch (1905-1983). En 1945 descubrieron por separado el fenómeno de la resonancia magnética nuclear (RMN) en la materia condensada observando el comportamiento de núcleos atómicos de líquidos y sólidos inmersos en un campo magnético. Para la década de 1970, empezó a desarrollarse varias aplicaciones de la RMN, como especialmente para la formación de imágenes de estructuras internas del cuerpo humano; a su vez, se la vio aplicada en termometría haciendo uso de los cambios con la temperatura de los tiempos de relajación, semianchuras y posiciones de las líneas de los espectros RMN²⁶.
- Abraham C. S. Van Heel (1899-1966). En 1949 comenzó a investigar en la transmisión de imágenes a través de haces de fibras paralelas de vidrio. Posteriormente, publicó un estudio sobre un conductor óptico formado por un haz de fibras de vidrio con una cubierta transparente de bajo índice de refracción que le protegía de perturbaciones exteriores y reducía en gran parte la interferencia entre las fibras.
- En 1954, la 10° CGPM adoptó una propuesta dada por Kelvin en 1854, la de definir la unidad de temperatura termodinámica en función del intervalo entre el cero absoluto y un único punto fijo, siendo este el punto triple del agua asignada a él una temperatura termodinámica de 273,16° K.
- Rudolf Ludwig Mossbauer (1927). En 1957 descubrió la emisión y absorción resonante de rayos y por parte de materiales sólidos radioactivos, conocido como

el efecto Mossbauer. Este efecto junto con el efecto Doppler constituyen la base de la denominada espectroscopía Mossbauer.

- Theodore Harold Maiman (1927). En 1960 desarrolló el primer láser de rubí, hoy en día utilizado en las técnicas modernas de termometría, principalmente en las relacionadas con técnicas de espectroscopía e interferométricas.
- Brian David Josephson (1940). En 1962 descubrió el efecto Josephson, consiste en el paso por efecto túnel de una corriente eléctrica entre dos super- conductores separados por una fina capa de aislante. A su vez es el fundamento de los magnetómetros SQUID (Dispositivo Superconductor de Interferencia Cuántica) con los que se permite detectar campos magnéticos muy débiles, además utilizados en termometría de muy bajas temperaturas.
- E. Dwight Adams. En 1967 propuso el uso de la curva de coexistencia sólido-líquido del He3 para termometría de bajas temperaturas (entre 0,9 mK y 1K), esto ha dado lugar a una extensión criogénica de la EIT-90 denominada PLTS-2000 (Provisional Low Temperature Scale-2000).
- En 1968 se adoptó la Escala Internacional Práctica de Temperatura (ELPT). En esta, las unidades de temperatura termodinámica y práctica se definieron como idénticas e iguales a $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Se dio nombre a esta unidad con el nombre de kelvin, símbolo K. La temperatura Celsius se definió como $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{k}) - 273,15$, de forma que $dt(\text{k}) = dt(^{\circ}\text{C})$. A partir del suceso se volvió usual expresar en Kelvin las temperaturas inferiores a 0°C .

- John S. Steinhart and Stanley R. Hart. En 1968 publicaron el trabajo Calibration curves for thermistors, en el que propusieron la que hoy día se conoce como ecuación Steinhart Hart ($1/T = A + B[\ln(R)] + C[\ln(R)]^3$) para la calibración de termistores NTC.
- Dennis S. Geywall. En 1986 sugirió una escala (escala Geywall) de temperaturas en la región de los mK basándose en la dependencia del calor específico del ^3He con la temperatura indicada por un termómetro que utiliza la sal paramagnética CMN (Cerium-Magnesium-Nitrate). Se le atribuye la idea del termómetro de Segundo Sonido o SST (Second Sound Thermometer) que mide la temperatura a partir de la velocidad del segundo sonido en una mezcla de ^3He y ^4He .
- Norbert Roth, Klaus Anders, y Arnold Frohn. En 1988 insertaron por primera vez la técnica de termometría de arco iris (Rainbow thermometry), esta permite medir el tamaño y la temperatura de una gota. Se basa en el estudio de las franjas de interferencia originadas por una gota iluminada por un láser. Las temperaturas de las gotas se relacionan con su índice de refracción medida a partir del ángulo de dispersión de la luz que mana de ellas. Se utiliza para medir temperaturas en la combustión de líquidos pulverizados.
- El 1 de enero de 1990 la EIT-90 reemplaza a la EIPT-68 y a la EPT- 76 (Escala Provisional de 1976 desde 0,5 K a 30 K). En ella se utiliza el punto triple del agua (273, 16 K) como punto fijo en vez del punto de solidificación, y el termopar Pt / Pt - Rh (10%) dejó de ser un instrumento de definición de la escala.
- Jukka P. Pekola, Kari P. Hirvi, Juba P. Kauppinen y Mikko A. Paalanen. En 1994 construyeron un termómetro tomando como base propiedades de la conducción

eléctrica por efecto túnel en un conjunto de nano uniones metal-aislante-metal, introduciendo la termometría a la nanotecnología. Este termómetro se conoce como CBT (Coulomb Blockade Thermometer), mide temperaturas entre 0,02K y 30 K, siendo insensible a la presencia de campos magnéticos.

- Lafe Spietz, Konrad W. Lehnert, Irfan Siddiqi y Robert Schoelkopf. En 2003 publicaron en la revista Science un trabajo en el que presentaron un termómetro compuesto por dos piezas metálicas de aluminio, de $1\mu\text{m}$ por $10\mu\text{m}$, separadas por un óxido de aluminio (Al_2O_3). Al inducir un voltaje entre las placas se permite un paso de electrones por efecto túnel a través de la barrera, creándose una corriente eléctrica. Este termómetro se conoce como SNT (Shot Noise Termómetro). Se mide la potencia del ruido en función del voltaje aplicado, a su vez mide temperaturas entre 50 mK y 25 K con una precisión de un 0,1 %.
- Bernd Fellmuth. En 2003, propone una redefinición de la unidad de temperatura termodinámica a través del valor de la constante de Boltzmann, k_B . Esta redefinición evitaría la relación de la unidad de temperatura con el punto triple del agua. Así se siguió el camino para la definición de otras unidades (p.e., el voltio-90 y el ohmio-90) en términos de los valores de constantes fundamentales.

El estudio de esta ciencia está avanzando rápidamente gracias a las nuevas aportaciones procedentes de otras ciencias y áreas que hace unos años era inimaginable recibir aporte alguno. Es por ello que muy probablemente en el futuro aparezcan mejoras, resaltando las relacionadas con técnicas de medida, a los intervalos de temperatura accesibles, a la precisión de las medidas, etc. Todas estas mejoras y avances tienden a conducir a una nueva definición de la unidad de temperatura termodinámica a través del conocimiento del valor de la constante de Boltzmann, k_B , conocido actualmente con una

incertidumbre estándar relativa de 2×10^{-6} . Para ello será necesario determinar k_B con una incertidumbre estándar relativa inferior a la que tiene el kelvin (3×10^{-7}).

Los trabajos actualmente desarrollados en diversos laboratorios pretenden alcanzar, en un plazo de aproximadamente dos años, dicho objetivo usando termometría acústica (NIST en Estados Unidos y IMGC/IEN en Italia), termometría de constante dieléctrica (PTB en Alemania), termometría de radiación total (NPL en el Reino Unido) y termometría Doppler (consorcio francés).». En otras palabras, la historia de la termometría continúa

2.3.2 TEMPERATURA

Álvarez (2007), explica que la temperatura es aquella magnitud física que se muestra por medio del calor o energía térmica que presenta un cuerpo, objeto, ambiente, etc.

Usualmente se refiere a la temperatura como calor o frío, siendo estos términos difíciles de medir, porque no ofrecen una definición exacta de este concepto.

Están basadas en base a las sensaciones de nuestros sentidos, expresándolo de modo cualitativo con palabras como frío, tibio, caliente; pero no se puede expresar cuantitativamente basándonos en las sensaciones.

Según Burbano, Burbano & Gracia (2003), nos indica que las propiedades de la temperatura con el calor son muy distintas, la temperatura viene a ser una manifestación del calor, los cuerpos que se encuentran a una temperatura uniforme tienen la propiedad de ceder o captar ciertas cantidades de calor, gracias a la temperatura podemos tener la sensación de calor y frío.

Las propiedades de los materiales van cambiando según cambien las condiciones de temperatura de una manera repetible y predecible, permitiendo establecer una base para medir la temperatura.

Cuando se deja una bebida caliente en una mesa se dice que esta se enfrió, si de igual manera si se deja un helado en una mesa se dirá que se derritió. La explicación correcta este suceso es el flujo de calor de un cuerpo hacia otro cuando se ponen en contacto dos cuerpos a diferente temperatura, este flujo de calor se da del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, alcanzando una temperatura de equilibrio.

Quiñones H. (2012), la temperatura viene a ser la cinética media de las moléculas constituyentes de un cuerpo, es decir, cuando se produce un incremento de velocidad y se mueven las moléculas.

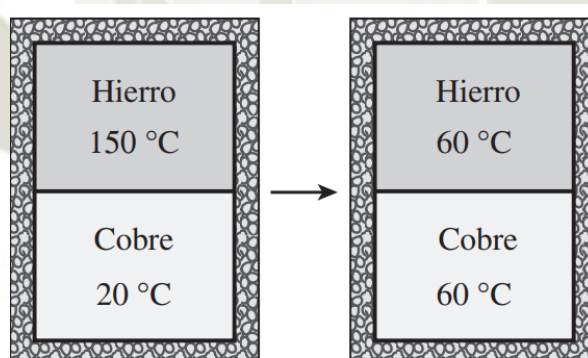


Figura 3. Equilibrio Térmico.

Fuente: Cengel (2011).

En conclusión, la temperatura es aquella propiedad física que tienen todos los cuerpos donde se encuentra un equilibrio térmico ya que se puede sentir o medir el grado de calentura y el grado de frialdad de un cuerpo sólido, líquido, gaseoso y en los demás estados de la materia.

a) TEMPERATURA DE BULBO SECO

La temperatura en bulbo seco es aquella temperatura que comúnmente estamos acostumbrados a medir ya que se mide con un termómetro estándar. Con el bulbo seco se puede realizar la medición de su contenido al usar la temperatura combinada de agua y aire.

Según Kahan S. (2004), nos dice que la temperatura se mide con un termómetro que posee un bulbo que se encuentra sumergido en una mecha húmeda, la temperatura que nos indica el bulbo húmedo viene a ser mucho menor que una temperatura dada por el bulbo seco y gracias a esto se modela el enfriamiento del aire como cuando las gotas de lluvia se evaporan.

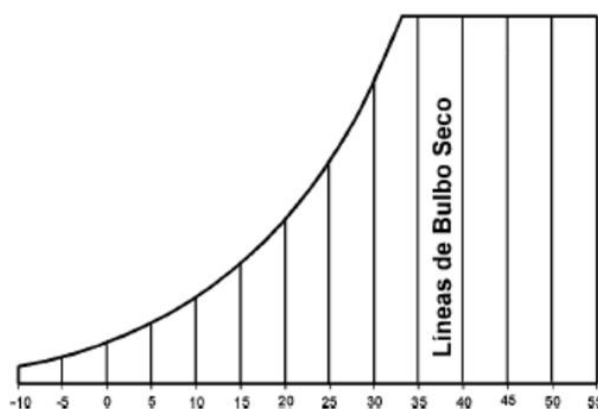


Figura 4. Grafica Temperatura Bulbo Seco.
Fuente: Torres (2015)

b) TEMPERATURA BULBO HÚMEDO

Según Jaramillo & Quito (2016), la temperatura de bulbo húmedo es aquella que por lo general se encuentra presente en el proceso de transferencia de calor o equilibrio térmico, esto quiere decir que es la temperatura límite de enfriamiento que contiene un cuerpo al entrar al proceso de equilibrio.

El termómetro que es de bulbo húmedo tendrá un enfriamiento mucho más rápido gracias a la evaporación del agua.

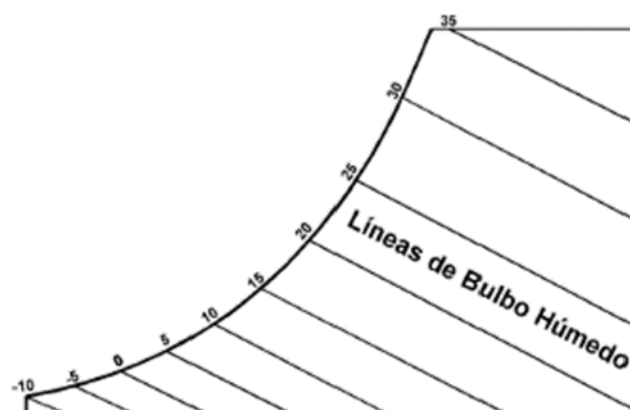


Figura 5. Grafica Temperatura Bulbo Húmedo.

Fuente: Torres (2015).

2.3.3 MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Según Burbano, Burbano & García (2003), la medición de temperatura por lo general tiene el principio de funcionamiento en relación a la ley cero de la termodinámica, la cual indica que si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercer cuerpo los tres cuerpos estarán en equilibrio entre si ya que tendrán la misma temperatura.

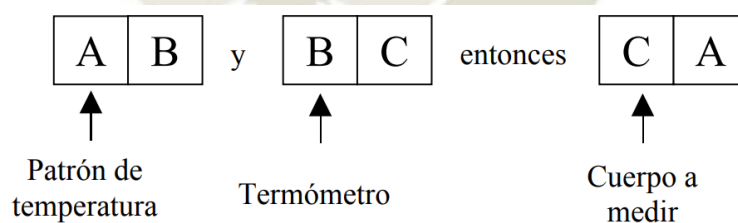


Figura 6. Medición de temperatura – Ley cero de la termodinámica.

Fuente: Cengel (2011).

Las mediciones de temperatura se pueden dar por los siguientes métodos siendo los principales métodos que se utilizan como principio de funcionamiento en los instrumentos de medición.

A. Métodos Mecánicos

Por parte de Godino & Oliva (2011), en los métodos mecánicos de la temperatura podemos tener como factores de medición la variación de volumen ya sea de líquidos, gases o sólidos y también la variación de presiones con volúmenes constantes.

B. Métodos Eléctricos

Los métodos eléctricos utilizados por los aparatos de medición de temperatura tienen como aplicación la variabilidad de resistencia de un conductor realizándose como sondeo de resistencia, la variación de resistencia de un semiconductor como los transistores y la diferencia de potencial que se puede encontrar o producir desde la unión de dos metales llamados termopares.

C. Métodos Basados en la Radiación

Álvarez (2007), menciona que en los métodos de radiación se tiene como única aplicación en este tipo de medición la intensidad de radiación emitida esto hace referencia a los pirómetros de radiación.

D. Mediciones Especiales

Godino & Oliva (2011), menciona que los tipos de medición especial para temperatura por lo general no son muy utilizados en los lineamientos industriales ya que los instrumentos de medición son más sofisticados y tienen una medición con mayor detalle que ayuda mucho a la investigación, en estos instrumentos de medición podemos encontrar a los indicadores de color, lápices, pinturas, sensores fluidicos, sondas neumáticas, sensores de ultrasonido, velocidad del sonido en un gas, termómetros acústicos, etc.

2.3.4 TIPOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Según Sánchez (2015), los medidores de que se utiliza comúnmente para la medición de temperatura son termómetros que pueden expresar mediciones en las diferentes escalas establecidas como son Celsius, Fahrenheit, Kelvin y de más sin embargo una de las limitaciones para un sistema de medición son las aplicaciones, precisión por velocidad de captación de temperatura, distancia entre el receptor y los tipos de medidores que existen para registrar y controlar la temperatura.

Los tipos de medición se clasifican dependiendo a los fenómenos que experimentan los cuerpos al elevar su temperatura.

- Expansión de sólido, líquidos o gases.
- Generaciones de fuerza electromotriz al momento de unir los dos metales.
- La resistencia del conductor y de un semiconductor ira variando.
- Un cuerpo caliente emite cierta cantidad de energía radiante.
- Velocidad del sonido en un gas.
- La importancia del cristal mediante la frecuencia de su resonancia.

2.3.5 ESCALAS DE MEDICIÓN

Según Kittel (1973), las escalas que se utilizan para la medición de la temperatura pueden ser Fahrenheit (°F), Centígrados (°C), Kelvin (K) y Rankine(R) en las que a continuación vamos a ver las escalas equivalentes.

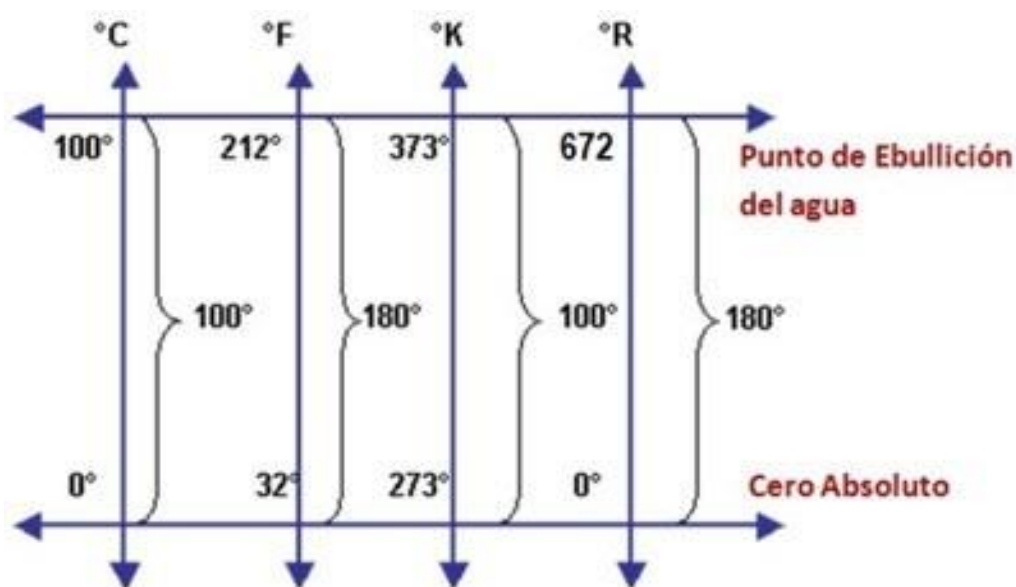


Figura 7. Escalas Termométricas.
Fuente: Paz (2011)

A. Escalas Relativas

Las escalas relativas están compuestas por las escalas de temperatura Fahrenheit y Centígrada o Celsius.

Las escalas relativas también llamada escala Celsius son aquellas que necesitan de una sustancia natural para así generar una comparación entre la temperatura a medir y una temperatura ya establecida como es la del agua.

a) Escala Fahrenheit(°F)

Álvarez (2007), explica que este fue la primera escala termométrica y fue creada por los ingleses siendo utilizada esta misma por ellos.

Según Quiñones H. (2012), esta escala toma como punto inicial 32°F, la cual nos indica el punto de solidificación del agua y toma como punto final en 212°F, donde dicha temperatura nos indica la ebullición del agua, todo ello sometido a 1 atmósfera de presión. Esta escala se divide en 180 partes iguales las cuales cada grado se le denomina Fahrenheit.

La escala Fahrenheit se puede relacionar con la escala centígrados o Celsius siendo las fórmulas principales para la conversión las siguientes:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5(^{\circ}\text{F} - 32)}{9}$$

$$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9^{\circ}\text{C}}{5}\right) + 32$$

b) Escala Centígrados ($^{\circ}\text{C}$)

Según Jaramillo & Quito (2016), esta escala también llamada escala Celsius ya que fue creada en 1742 siendo una de las más utilizadas a nivel mundial y tiene como características que el punto de fusión es de 0°C y el punto de ebullición es de 100°C .

Según Quiñonez H. (2012), esta escala toma como punto inicial el 0, la cual viene a ser la temperatura en la cual se solidifica el agua y su punto final viene a ser el 100, la cual es la temperatura de ebullición del agua, todo esto es realizado a 1 atmosfera de presión. Se le llama grado Centígrado a cada punto del intervalo que es dividido en 100 partes iguales.

Esta escala guarda relación con las escalas Kelvin $^{\circ}\text{K}$ donde se aplica la siguiente formula.

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

Para relacionar las mediciones centígradas con los grados Fahrenheit

$$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9^{\circ}\text{C}}{5}\right) + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{9^{\circ}\text{C}}{5}\right) + 32$$

B. Escala Absolutas

Según Burbano, Burbano & Gracia (2003), las escalas absolutas en la medición de temperatura están compuestas por las escalas Kelvin y Rankine.

La escala absoluta de temperatura tiene como principio la segunda ley de la termodinámica ya que parte de la existencia del cero absoluto, es por eso que las unidades básicas para la medición de temperatura en forma absoluta es el grado de kelvin y Rankine.

a) Escala Kelvin (°K)

Según Kittel, (1973), la escala kelvin fue creada en 1848 teniendo mucha aplicación en la ciencia ya que el principio fundamental de base es la termodinámica. Esta escala tiene como punto de fusión 273°k y el punto de ebullición es de 373°k.

Según Quiñones (2012), nos indica que la base utilizada para el origen de su escala se refirió a estudios científicos que era muy improbable obtener temperaturas que fueran inferiores a -273°C, por lo cual esta temperatura vendría a ser el denominado cero absolutos. El trabajo realizado por Kelvin se relaciona con el cero absoluto siendo las medidas en adelante equivalentes a un grado Celsius. Por lo tanto, tenemos la siguiente relación:

$$K = ^\circ C + 273$$

b) Escala Rankine (ir)

Sánchez (2015), menciona que esta es una escala absoluta que usualmente se utiliza en países europeos donde se traja con Rankine y Fahrenheit, por otro lado, el punto de fusión de esta escala es de 0°R y el punto de ebullición es de 672°R

$$R = ^\circ F + 459.69$$

C. Escala de temperatura del gas ideal

Se utiliza un termómetro de gas a volumen constante, en el que se utiliza un recipiente rígido conteniente de gas el cual se encuentra a una baja presión, este gas puede

ser hidrógeno (H) o helio (He). El principio de funcionamiento es de que, a bajas presiones, la temperatura que produce un gas es directamente proporcional a la presión con su volumen. Es decir, a presiones suficientemente bajas la temperatura de un gas de volumen fijo varía de forma lineal con la presión. Entonces la relación entre la temperatura y la presión del gas en el recipiente se expresa como:

$$T = a + bP$$

Los valores para las constantes “a” y “b” en un termómetro de gas es calculada de manera experimental. Una vez conocidas “a” y “b”, la temperatura de un medio se calcula a partir de esta relación al sumergir dentro del medio el recipiente rígido del termómetro de gas y medir la presión del gas cuando se establece el equilibrio térmico entre el medio y el gas del recipiente cuyo volumen se mantiene constante

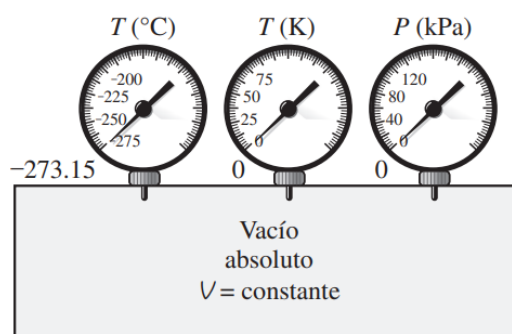


Figura 8. Termómetro de gas de volumen constante
Fuente: Cengel 2011

D. Fórmulas de Conversión:

Tabla 1.
Conversión de Temperaturas.

Inicio	Fin	Formula
Kelvin	Celsius	$^{\circ}C = K - 273.15$
Celsius	Kelvin	$K = ^{\circ}C + 273.15$
Kelvin	Fahrenheit	$^{\circ}F = \frac{9K}{5} - 459.67$
Fahrenheit	Celsius	$^{\circ}C = \frac{5(^{\circ}F - 32)}{9}$
Fahrenheit	Kelvin	$K = \frac{5(^{\circ}F + 459.67)}{9}$
Celsius	Fahrenheit	$^{\circ}F = \frac{9^{\circ}C}{5} + 32$

Fuente: Elaboración Propia

E. Relación Entre Escalas

- Celsius y Fahrenheit:

$$\frac{t_c - 0}{t_f - 32} = \frac{100 - 0}{212 - 32} = \frac{t_c}{t_f - 32} = \frac{5}{9}$$

$$t_c = \frac{5}{9}(t_f - 32)$$

- Celsius y Kelvin:

$$\frac{t_c - 0}{T - 273} = \frac{100 - 0}{313 - 273} = \frac{t_c}{T - 273} = \frac{100}{100}$$

$$t_c = T - 273$$

- Fahrenheit y Kelvin:

$$\frac{t_f - 32}{T - 273} = \frac{212 - 32}{313 - 273} = \frac{t_f - 32}{T - 273} = \frac{9}{5}$$

$$t_f = \frac{9}{5}(T - 273) + 32$$

2.3.6 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Los instrumentos de medición de temperatura son aquellos objetos e instrumentos que se utilizan para dar una lectura del nivel de temperatura ya sea caliente o frío de un cuerpo, maquinaria, ambiente, etc. Donde se utiliza para tomar estas mediciones muchos tipos de instrumentos de medición los cuales pueden ser:

- Termómetros.
- Termopares.
- Sensores Eléctricos de Temperatura.
- Pirómetros.
- Termocuplas
- Termistores.

2.4 TERMÓMETROS

Godino & Oliva (2011), menciona que los termómetros son instrumentos que se utilizan en la medición de la temperatura, los termómetros trabajan con el principio de la dilatación ya que el principal componente contiene un coeficiente de dilatación relativamente bajo es por eso que al aumentar la temperatura este material se dilata e indica una medición en relación a la escala de medición.

El material más usado por los termómetros es el mercurio ya que el coeficiente de dilatación que tiene este material es bajo el cual ayuda a la lectura de la temperatura, este material se encuentra en un tubo de vidrio el cual contiene la escala rotulada en el vidrio para la lectura dependiendo a la escala a utilizar.

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS TERMÓMETROS

Los termómetros pueden clasificarse de la siguiente manera:

A. Termómetros de Expansión:

Los termómetros de expansión por lo general son aquellos termómetros que tiene la propiedad de variar el volumen conjuntamente con la temperatura clasificándose de la siguiente forma:



Figura 9. Termómetros de Expansión.

Fuente: Wika (2019)

B. Termómetros Bimetálicos

Picquart & Carrasco (2017), estos termómetros tienen como principio de funcionamiento la dilatación en los coeficientes de dilatación térmica en los metales que contiene estos termómetros. Los termómetros bimetalícos están compuestos por dos tiras de metal que tienen distintas propiedades de dilatación los cuales se encuentran unidos por una pequeña capa de soldadura.

El bimetálico tiene una forma helicoidal en un extremo el cual empieza a girar en su extremo libre cuando la aguja analógica de medición va cambiando de posición. Este bimetálico helicoidal está protegido por un tubo metálico el cual se conoce como termo pozo.

Los rangos de temperatura son:

-200°C a 500°C con un error de $\pm 1\%$

C. Termómetros de Líquido de Vidrio.

Según Jaramillo & Quito (2016), estos instrumentos se basan en el fenómeno de expansión que sufren los líquidos al calentarse. Consisten de una envoltura de vidrio (bulbo) que contiene el líquido y que está conectado con un capilar por donde sube el líquido al expandirse por el efecto de la temperatura. El nivel del líquido en el capilar será entonces directamente función del volumen de líquido y por tanto de la temperatura. Los líquidos más empleados con sus respectivos rangos de temperatura son:

1. Mercurio de -35 a 280°C
2. Mercurio con el capilar lleno de gas de -35 a 450°C
3. Pentano -200 a 20°C
4. Alcohol -110 a 50°C
5. Tolueno -70 a 100°C

Funcionamiento de Termómetros de Líquido en Vidrio.

El principio de funcionamiento de los termómetros está regulado por la siguiente expresión.

$$V = V_0(1 + \beta T + \gamma T^2 + \alpha T^3)$$

Donde:

β : Coeficiente lineal de expansión térmica.

γ, α : Coeficientes no lineal de expansión térmica.

V_o : Volumen inicial.

V : Volumen Final.

En el caso de algunos termómetros que usan mercurio en estado líquido los coeficientes γ, α son de valor despreciable y pueden tener mayor error. La dilatación del líquido que se encuentra en el termómetro se puede analizar mediante las fórmulas:

Líquidos: $V_L = V_{oL}(1 + \beta_L \Delta T)$

Bulbo: $V_B = V_{oB}(1 + \beta_L \Delta T)$

D. Termómetros de Resorte.

Según Perea (2016), estos termómetros están compuestos generalmente por un bulbo acoplado a un capilar, un resorte de Bourbon donde comúnmente es de tipo espiral que cuando la temperatura del bulbo incrementa el fluido que se encuentra dentro del sistema comienza a expandirse causando que la espiral se desenrolla haciendo que la aguja cambie de posición sobre la escala para indicando una elevación de temperatura en el bulbo.

Estos termómetros han sido clasificados por la ISA de la manera siguiente:

Clase I: Termómetros actuados por líquido

Clase II: Termómetros actuados por vapor

Clase III: Termómetros actuados por gas

Clase IV: Termómetros actuados por mercurio

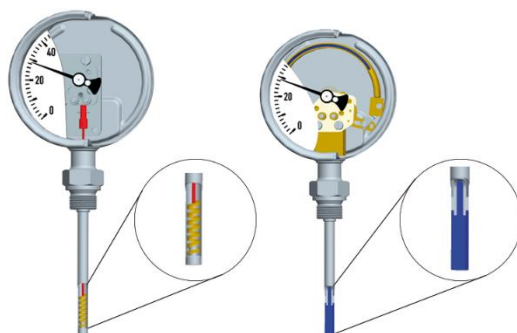


Figura 10. Termómetros de Resorte.
Fuente: Wika (2019)

E. Termómetros de Resistencia.

Los termómetros de resistencia se fundamentan en la medición de temperatura con un alambre de platino integrado en la composición del termómetro, donde el alambre está conectado a una resistencia eléctrica que varía en relación a la temperatura, estos termómetros son lentos cuando se toma la medición de temperatura sin embargo son unos de los más precisos y Usualmente tiene aplicación en las mediciones de temperatura exterior.

Según Cerven & Naranjo (2017), gracias a los termómetros de resistencia se reduce lo que es la medición con resistencia eléctrica cuyos circuitos más usados son:

- El puente de doble guía
- El puente de Muelle.
- El puente de Wheatstone.
- El puente capacitivo.
- El puente de Callendar – Griffiths.

Los termómetros deberán de tener ciertas propiedades:

- Debe poseer un coeficiente térmico que sea elevado para que el termómetro tenga una buena sensibilidad.
- Debe poseer una resistividad alta, ya que esta propiedad mejora la sensibilidad.
- La relación entre la resistencia con la temperatura deberá de ser estable y continua.
- Debe poseer resistencia y ductilidad lo cual permite obtener tamaños pequeños lo cual acelera la velocidad de respuesta.
- Los instrumentos deben tener estabilidad durante su vida útil.



Figura 11. Termómetros de Resistencia

Fuente: Grainger (2019)

F. Termómetros de bulbo y capilar.

Son aquellos termómetros que están conectados a través de un capilar y de un espiral, el espiral podría venir a ser de cualquier tipo. La funcionalidad de este tipo de termómetro viene a ser de acuerdo a la expansión que se da cuando la temperatura en el bulbo varía y esto provoca la expansión del gas o líquido que se encuentra en el bulbo,

que por consiguiente la espiral va desenredándose moviendo la aguja sobre la escala la cual indica la elevación de la temperatura en el bulbo.

Según Servén & Naranjo (2017), encontramos diferentes tipos de bulbos y capilar:

Termómetros activados por líquidos: Poseen un sistema de medición el cual está lleno de líquido, cuya dilatación es proporcional con la temperatura, con ello tenemos la escala de medición uniforme. El volumen de dicho líquido viene a ser proporcional de con la temperatura del material, el bulbo y el capilar.

Termómetros activados por vapor: Este tipo de termómetro es activado gracias a que poseen un líquido volátil el cual produce vapor, este método se basa en el principio de presión de vapor. Cuando la temperatura aumenta produce el vapor del líquido y debido a esto la escala de medición no viene a ser uniforme. A diferencia de los termómetros activados por líquidos la presión en el sistema depende únicamente de la temperatura que posee el bulbo.

Termómetros activados por gas: Este tipo de termómetros están llenos en su totalidad por gas. Al elevarse las temperaturas la presión del gas aumenta proporcionalmente lo que hace que estos termómetros tengan escalas lineales.

Termómetros activados por mercurio: Este tipo de termómetro trabaja muy semejante a los termómetros activados por líquidos. Se caracteriza por su exactitud, la potencia en la que actúa y su respuesta rápida.

G. Termopares.

Según Picquart & Carrasco (2017), los termopares son termómetros que miden la temperatura utilizando el principio de uso de una resistencia eléctrica la cual produce una tensión que varía en relación a la temperatura de conexión brindando una medición instantánea en tiempo real.

Dicho instrumento posee 2 metales diferentes los cuales se encuentran unidos de un extremo, cuando dicha unión de ambos metales se calienta o se enfría producen una tensión la cual es proporcional a la temperatura.

Los termopares miden rangos de temperatura muy elevados por lo cual los hacen muy resistentes. Para la elección de un termopar se debe tener en cuenta las siguientes variables:

- Rango de la temperatura.
- Resistencia a la abrasión.
- Compatibilidad del termo pozo.
- Resistencia química del termopar.



Figura 12. Termopar.
Fuente: Omega (2019)

2.4.1.1 Sensores de temperatura eléctrica

Según Jaramillo & Quito (2016), los sensores eléctricos de medición de temperatura son dispositivos que tiene la capacidad de detectar los diferentes niveles de temperatura que puede tener un objeto, cuerpo o medio ya que los sensores se encargan de detectar los cambios de temperatura en relación al tiempo.

Algunos sensores contienen transductores para poder cambiar las señales de entrada en la medición y así obtener una medición en parámetros distintos.

Los transductores que se utilizan son dispositivos que transforman una magnitud física como mecánicas, terminas, eléctricas, ópticas, etc. A otras magnitudes como eléctricas o digitales.



Figura 13. Sensores de Temperatura.
Fuente: PCE-Iberica (2019).

2.4.1.2 Pirómetro

Los Pirómetros o también llamados Termómetros Sin Contacto son aquellos que realizan mediciones de la temperatura utilizando el principio de la radiación de calor que emiten los cuerpos u objetos que tienden a calentarse, llamándose también termómetros infrarrojos siendo utilizados para medir altas temperaturas.

Pirómetros de radiación, son el tipo de pirómetro característico por ser compactos y tener aguante a las vibraciones y golpes, son precisos y llegan a medir altos niveles de temperatura.

La utilización de los pirómetros es de uso industrial debido a la precisión de sus medidas.

- Son prácticos de usar.
- Son rápidos y poseen una sensibilidad a la variación de energía radiante.
- Llega a medir 1600°C.
- Poseen un láser con el objetivo de apuntar el objetivo del cual se desea saber la temperatura.



Figura 14. Pirómetro.
Fuente: Tecnocenter (2019)

2.4.1.3 Termistores

Por parte de Picquart & Carrasco (2017), los Termistores son Termómetros tienen como principio de funcionamiento la variación de la resistencia del elemento o sensor de medición de temperatura donde el coeficiente de temperatura es negativo.

Algunos de estos medidores de temperatura utilizan circuitos integrados para ayudan a la lectura de señales siendo uno de los circuitos integrados más importantes de utilización los LM35. Tienen un bajo costo, respuesta rápida y buena sensibilidad, con la dificultad de que dichos termistores no son lineales y tienen auto calentamiento.

Son sensores de tipo resistivo que posee 2 clases de mediciones dependiendo el signo de coeficiente de temperatura en la resistencia:

- NTC: Con un coeficiente negativo de temperatura.
- PTC: Con un coeficiente positivo de temperatura.

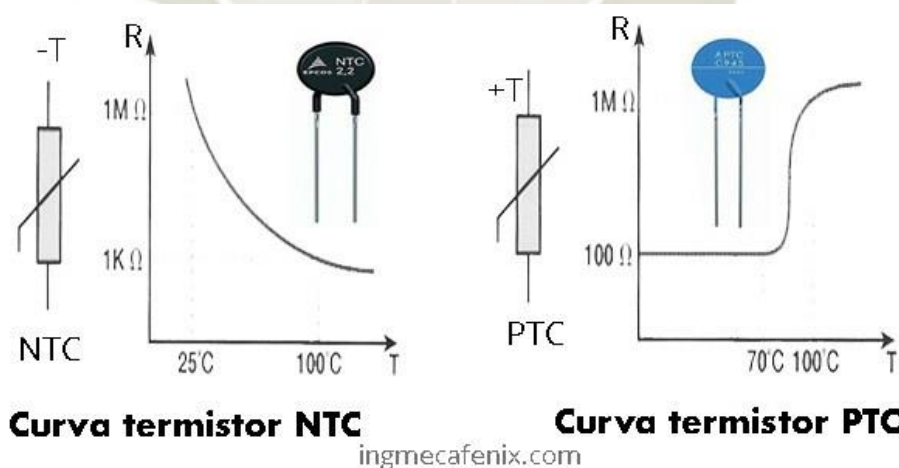


Figura 15. Termistor.
Fuente: Ingeniería Mecafenix (2019)

2.4.1.4 Termocupla

Según Perea (2016), las termocuplas son instrumentos traductores o transductores de temperatura esto quiere decir que son instrumentos que transforman una magnitud física en señales eléctricas.

Las termocuplas están constituidas por dos alambres metálicos que se encuentran unidos con el fin de desarrollar una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre los extremos liberados la cual es proporcional a la diferencia de temperatura existente entre las puntas y la unión.

Por lo general las termocuplas industriales se encuentran encapsuladas ya sea en un tubo de acero inoxidable u otro, en el cual en un extremo esta la unión y en el otro terminal eléctrico de los cables.

Dentro de los tipos de termocuplas en gran mayoría podemos encontrar termocuplas de tipo K y de tipo J.

Las termocuplas de tipo K son usualmente utilizadas en plantas de fundición y hornos, los cuales trabajan a temperaturas inferiores a los 1300°C.

Las termocuplas de tipo J son usualmente utilizadas en plantas de plástico, gomas y algunas funciones de metales de bajas temperaturas.

Las termocuplas de tipo R, S, B, son utilizadas en las funciones de acero, es decir, industria de la siderurgia.

Según Gelmi C. (2011), la termocupla se utiliza mediante un gas que fluye a través de una cañería. Cuando el sensor ha llegado al equilibrio térmico, éste determina la temperatura real del gas.

Las termocuplas de tipo T, se utiliza en la industria de los alimentos.



Figura 16. Termocupla.
Fuente: GSA Térmicos (2019)

2.5 MÓDULOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

En los módulos de medición de temperatura se encuentra una gran variedad de medidores de temperatura clasificados por la composición, aplicación, niveles de precisión, etc. Los cuales ayudan a medir la temperatura en los objetos, ambientes, maquinas, cuerpos y más.

Los módulos de medición usualmente se encuentran en los laboratorios ya que se utilizan para tomar mediciones en pruebas de laboratorio analizando así el comportamiento de los objetos a medir.

2.6 SISTEMA DE MEDICIÓN

Se entiende por sistema de unidades a la agrupación de unidades de medida y reglas que las relacionan a las unidades entre sí. Siendo en este sentido los sistemas de unidades un conjunto de unidades de medida estandarizadas y uniformes.

Los sistemas de unidades son ubicados por primera vez en Francia a finales del siglo XVIII. Siendo producto de la necesidad de contabilizar y medir las cosas usando patrones comparativos de similares condiciones.

2.6.1 TIPOS DE SISTEMAS

A. Sistema Métrico

Este sistema de unidades se caracteriza porque sus múltiplos y submúltiplos de cada unidad están relacionadas entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10. Sus unidades base son el metro y el kilogramo, posteriormente se adoptó como unidad de medida de tiempo el segundo.

Según Maturana A. (2013), nos dice que es un conjunto de unidades de medición cuya base es el metro, el cual van relacionados entre sí por múltiplos con base 10. Su unidad de medida es el metro. Existen las siguientes clases de medida:

- La longitud cuya medición se optó por el metro.
- La capacidad cuya medida optada sería el Litro, el cual viene a ser un equivalente al decímetro cúbico.
- El peso o masa, cuya medida optada vino a ser el Kilogramo, que viene a ser equivalente a la masa de un litro de agua

B. Sistema Anglosajón

Son unidades de medidas que utilizan otros patrones, para la longitud usan como base la pulgada, el pie, yarda y la milla, estas unidades son adoptadas por países como estados unidos.

Este tipo de sistema anglosajón está basado en unidades tradicionales provenientes de la roma antigua.

Su longitud viene a ser la pulgada, cuya medida equivale al ancho de la falange del dedo gordo de la mano.

La profundidad viene a ser representada por la Braza, que por lo general viene a ser utilizada para medidas náuticas la cual es equivalente a la extensión de ambos brazos.

Lo referente a la masa está representada por las onzas, la cual tiene una equivalencia de 28.3 gramos.

C. Sistema Internacional De Unidades (S.I.)

Este sistema de unidades se basa en fenómenos físicos fundamentales. Deriva del antiguo sistema métrico decimal, por esta razón hoy en día también se le denomina sistema métrico.

En la XI Conferencia general de pesos y medidas, se establecieron las seis unidades básicas por las cual se debe regir: segundo (s), metro (m), amperio (A), kilogramo (kg), candela (cd) y kelvin (K). siendo agregado el mol para medir compuestos químicos.

2.7 ERRORES DE MEDICIONES

Según Burbano, Burbano & García (2003), los errores en las mediciones es la variación o diferencia que se puede encontrar entre los valores teóricos y los valores experimentales al realizar una medición donde se puede observar la aproximación entre el valor experimental y el valor teórico.

Los errores se pueden cuantificar en dos formas:

A. Errores Absolutos.

El error absoluto se debe a la persona la cual efectúa la medición.

Los errores absolutos hacen referencia a la diferencia entre los valores medidos y los valores reales donde se obtendrá una variación entre ambos parámetros.

$$Error = X_{Experimental} - X_{Teorico}$$

B. Errores Relativos

Los errores relativos son aquellos que hacen referencia al cociente entre el error absoluto y el valor de la magnitud.

$$E_{relativo} = \frac{Error}{X_{Teorico}}$$
$$E_{relativo} = \frac{X_{Experimental} - X_{Teorico}}{X_{Teorico}}$$

En relación a las causas que se producen cuando se realiza una medición también se dividen los errores en dos grupos como son los errores sistemáticos y los errores accidentales.

En este caso una medida es buena cuando no supera el 5%.

C. Errores Sistemáticos.

Por parte de Jiménez, Gutiérrez & Barbosa (2014), los errores sistemáticos son aquellos que se originan por las imperfecciones de los métodos de medición, donde los errores sistemáticos pueden ser.

- Instrumentales.
- Personal.

- Método de Medida

Las características de un aparato para que no origine errores sistemáticos son los siguientes:

- El aparato al momento de realizar varias medidas al mismo objeto deberemos de obtener el mismo resultado, una vez que obtengamos el mismo resultado después de varias mediciones podremos decir que el instrumento es fiel.
- El aparato una vez realizado la medición a un objeto y nos dé un valor igual que el valor real podemos decir que el instrumento es exacto.
- Si nuestro aparato logra medir variaciones pequeñas de una magnitud podremos decir que nuestro instrumento es preciso.

D. Errores Accidentales.

Son aquellos que se ocasionan por perturbaciones que provenientes de fuentes de error independientes que son imposibles de visualizar las cuales originan desviaciones pequeñas siendo positivas y negativas donde la desviación pequeña es la más frecuente. También este tipo de errores es producido por las personas quienes realizan dicha medición.

La manera de reducir este tipo de errores es necesario realizar la misma medición repetidas veces con la finalidad de obtener una medición promedio.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL MÓDULO

3.1 ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN DEL BANCO DE MEDICIONES

Existen varias alternativas para el diseño de bancos de mediciones de temperatura, siendo algunos más completos, ya que no solo miden temperatura si no también miden presión, humedad, caudal, etc.

Uno de los bancos de medidor ya desarrollados es el diseño de un sistema SCADA para mediciones de temperatura con sistemas Embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. Donde se desarrolló este sistema para implementar un laboratorio de mecánica con el fin de tomar muestras o pruebas que sirven para el monitoreo y adquisición de datos SCADA aplicándolo a un equipo compact RIO de la NI en el cual se encuentran modelos de medición de temperatura, voltaje, corriente, señales digitales, analógicos basándose en la tecnología de entrada y salida para así poder visualizar el comportamiento en tiempo real.

También existen módulos de instrumentación para medir y controlar presión, temperatura, caudal y nivel en laboratorios de automatización industrial donde el objetivo de estos instrumentos de medición es poder realizar pruebas y estudios de temperatura, presión y caudal. En tiempo real.

Para esta investigación se tomará en cuenta como variable primordial la temperatura siendo esta una de las principales variables de medición en los bancos de mediciones con diferentes parámetros.

3.2 DISEÑO DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

El banco de medición de temperatura, es un módulo diseñado para realizar mediciones de temperatura con una variedad de instrumentos medidores de temperatura como pueden ser termocuplas, termómetros, sensores eléctricos, etc. Para poder hacer pruebas de temperatura en los laboratorios de termo fluidos en la universidad católica de santa maría.

Para el diseño de este módulo a continuación realizaremos la selección de equipos a utilizar y la capacidad de medición en las diferentes escalas termométricas.

Los métodos de medición de temperatura ZM7106 contienen la mayoría de rangos de temperatura de medición, así como también los métodos de medición que no son eléctricos como los de gas, termómetros líquidos y termómetros bimetálicos son los métodos de medición más usados en los procesos experimentales.

Los termómetros de medición electrónica contienen un display que está programado para proporcionar una temperatura de salida mediante escalas de señales expresados en una diferencia de potencial (voltaje) de 0 a 10 voltios en bornes.

Para la medición de humedad relativa del aire se utiliza un psicrómetro con un termómetro de bulbo seco y otro de bulbo húmedo, donde para determinar el enfriamiento por evaporación se utiliza el termómetro de bulbo húmedo está cubierto con un paño de algodón húmedo.

Se utiliza un multímetro digital con resistencias de precisión para calibrar los dispositivos de medición eléctrica. Diversas fuentes de calor o unidades de almacenamiento (calentador de inmersión, matraz de vacío y calentador de laboratorio) permiten alcanzar rangos de temperatura relevantes para los sensores que se prueban. Una

caja de herramientas alberga los sensores, cables, tiras de medición de temperatura y calentador de inmersión.

3.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIONES

El banco de medición se compone instrumentos eléctricos y mecánicos. Los cuales se detallarán en la parte inferior.

Los indicadores con los sensores PT100, NTC, y el termómetro tipo K emplean indicadores de medición digitales, donde el módulo se encuentra borneras donde se conecta los sensores para poder efectuar la medición correcta.

A. Indicadores de Temperatura Digitales

Es necesario recurrir a los indicadores de temperatura digitales, este dispositivo valora y Analiza las señales de los sensores de temperatura Pt100. Donde se puede conectar el sensor PT100 con 2 o 3 hilos al indicador de temperatura. Este dispositivo posee una pantalla LED de 5 dígitos donde se puede leer los valores de medición al momento. Existen indicadores con pantalla que varía su color según el valor de medición, hasta en tres diferentes colores. Esto permite una valoración rápida del valor de medición. La configuración de los límites de alarma y los umbrales para cambiar el color en pantalla se realiza a través del software LPCon.

Tabla 2.
Indicadores de temperatura digitales.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (SOLES)
PCE- N20T Serie		• Para sensores Pt100 de 2 o 3 hilos • 2 salidas de alarma • Conexión mediante terminal de tornillo • Indicación en pantalla en tres colores • Alimentación del sensor 24 V	341.95
PCE- N24S Serie		Pantalla LED de 4 dígitos con altura de cifras de 20 mm • IP 65 en la parte frontal • Para señales de procesos de 4-20 mA • Conexión mediante terminal de tornillo • Alimentación del sensor de 24 V (PCE-N24S-2 y 3)	237.88

Fuente: Elaboración propia

B. Termómetro PT 100

Estos termómetros son ideales para realizar mediciones de alta precisión donde el error en medición es de $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$; este equipo brinda la posibilidad de conectarse a diferentes termoelementos ya que este equipo también ayuda a controlar los medidores

de temperatura de baja precisión haciendo cumplir las leyes que rigen los estándares de calidad como las ISO 9000 para trabajos de servicio y producción.

Tabla 3.

Descripción termómetro PT 100.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
Mypin Pt100 RTD		* Rango temperatura: 0-100°C * Element: Pt100 (Platinum) * Material: acero inoxidable 304 * Longitud: 50 mm/1.97 pulgadas de protección tubo * Longitud del Cable: 2 m/6,6 pies	194.00

Fuente: Elaboración propia.

C. Termómetro NTC

Son también llamados termistores NTC los que actúan como resistencias no lineales, estos termómetros se caracterizan por tener una disminución de temperatura considerablemente rápida.

Tabla 4.

Descripción Termómetro NTC.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
TOOGOO(R)2M NTC S		- Tamaño de la sonda: 5 x 25 mm - Tipo: NTC - Carcasa de acero inoxidable y resistente al agua - Rango de medición: 20-55°C	25.00

Fuente: Elaboración propia.

D. Termómetro tipo K

Estos termómetros también son llamados termocuplas y se compone por un par de conductores metálicos que están unidos. A esta unión se da en elevadas temperaturas y también a bajas temperaturas.

Cuando la temperatura de unión es mayor que la tensión producida por la unión la lectura de la temperatura será lineal esto quiere decir que la tensión estará sincronizada con la temperatura.

El material de los metales para la aleación puede ser de diferente composición como los tipos J y tipo K; en este caso los tipos K son de una aleación de cobre y color marrón.

Tabla 5.
Descripción Termómetro tipo K.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
TIPO K		Tipo de transferencia: K. • Rango de temperatura: 0 - 400 °C. • Diámetro de la sonda: 5mm. • Hilos diámetro: 7.8mm. • Terminales espaciado terminal: 4mm. • Longitud de sonda: 200mm. • Blindaje externo: escudo de metal.	60.00

Fuente: Elaboración propia.

E. Termómetro de bulbo seco y húmedo.

Los termómetros de bulbo seco son los termómetros convencionales que están compuestos de mercurio.

Los termómetros de bulbo húmedo son aquellos termómetros que se utilizan para medir estimaciones hidrotérmicas con el fin de determinar el comportamiento que hay al mezclar el aire.

Tabla 6.

Descripción Termómetro de bulbo seco y húmedo.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
		Termómetro de bulbo seco y húmedo.	34,30

Fuente: Elaboración propia.

F. Termómetro Bimetálicos.

Estos termómetros son instrumentos que miden la temperatura con el principio de contracción y expansión de aleaciones metálicas con diferentes coeficientes de dilatación donde uno es de mayor grado de dilatación que el otro. La aleación entre estos metales esta ordenada en forma helicoidal llamada tira metálica.

Tabla 7.
Descripción Termómetro Bimetálicos.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
WSS		TERMÓMETRO BIMETÁLICO Rango: 0-200 Dial: 3" Conexión vertical 1/2"NPT Bulbo de 6"	200.00

Fuente: Elaboración propia.

G. Termómetro de presión

Los termómetros de presión son también llamados termómetros manométricos ya que se basan en el principio de la temperatura que hay cuando un gas o líquido cambia de presión.

Tabla 8.
Descripción Termómetro de presión.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
WTQ-280		TERMÓMETRO DE PRESIÓN Rango :0-200 Longitud de sonda: 500mm Tipo: gas Conexión NPT 1/2" Material de caja: baquelita	55.00

Fuente: Elaboración propia.

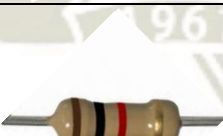
H. Termómetro de Resistencia

Estos termómetros son transductores de temperatura ya que dependen de la resistencia eléctrica que puede tener un material, esto quiere decir que estos termómetros son capaces de transformar la variación de energía eléctrica en temperatura.

- Precisión de 10 ohms de resistencia
- Precisión de 100 ohms de resistencia
- Precisión de 1000 ohm de resistencia

Tabla 9.

Descripción Termómetro de Resistencia.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
10 Ω		Precisión de 10 ohms de resistencia.	0.40
100 Ω		Precisión de 100 ohms de resistencia.	0.40
1000 Ω		Precisión de 1000 ohm de resistencia.	0.40

Fuente: Elaboración propia.

I. Botón de encendido del banco.

El botón de encendido es el accionador del módulo de medición de temperaturas ya que este sirve para el encendido de toda la mesa modular.

Tabla 10.
Descripción Botón de encendido del banco.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
LW30-63 Long letter		Botón de encendido	105,15

Fuente: Elaboración propia.

J. Calentador de tasa Medidora.

Tabla 11.
Descripción Calentador de tasa Medidora.

MODEL O	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COST O (Soles)
Calentador Furnace.		Mini estufa eléctrica calentador de cocina caliente 500W ajustable Temperatur a máxima 380°C	80.00

Fuente: Elaboración propia.

K. Caja de Almacenamiento.

En la caja de almacenamiento se guardan las puntas de medición para los termómetros digitales o electrónicos, así como también se encuentra un multímetro digital con su respectiva sonda medidora.

Tabla 12.
Descripción Caja de Almacenamiento.

MODELO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	COSTO (Soles)
Caja de almacenamiento		Caja de plástico para el almacenamiento de los componentes de medición	104.00

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV: CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

4.1 DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL BANCO

Para la implementación del banco de medición de temperatura se necesita una base donde estén instalados los diferentes equipos de medición equipos electrónicos y equipos mecánicos además de soportar los diferentes componentes eléctricos.

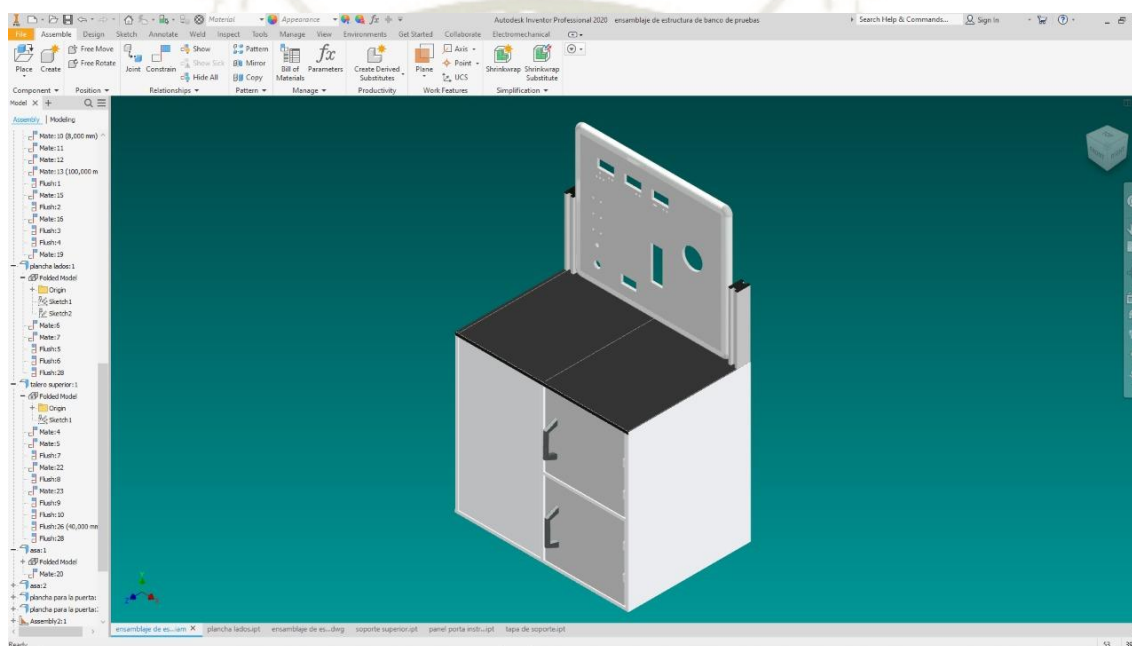


Figura 17. Modelamiento del banco de pruebas.

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Fabricación de la estructura

Basado en los beneficios de las estructuras metálicas en su resistencia y durabilidad y la efectividad que resulta en la fabricación para su construcción

Se requiere básicamente de los siguientes materiales a Utilizar:

- Tubo Cuadrado 1'x1' A-36
- Plancha ASTM A-36

Se fabrica una estructura para el soporte del equipo de medición de dimensiones 1.68 m de alto y 1.0 m de ancho. Para lo cual se procedió en el diseño visto en la siguiente foto.

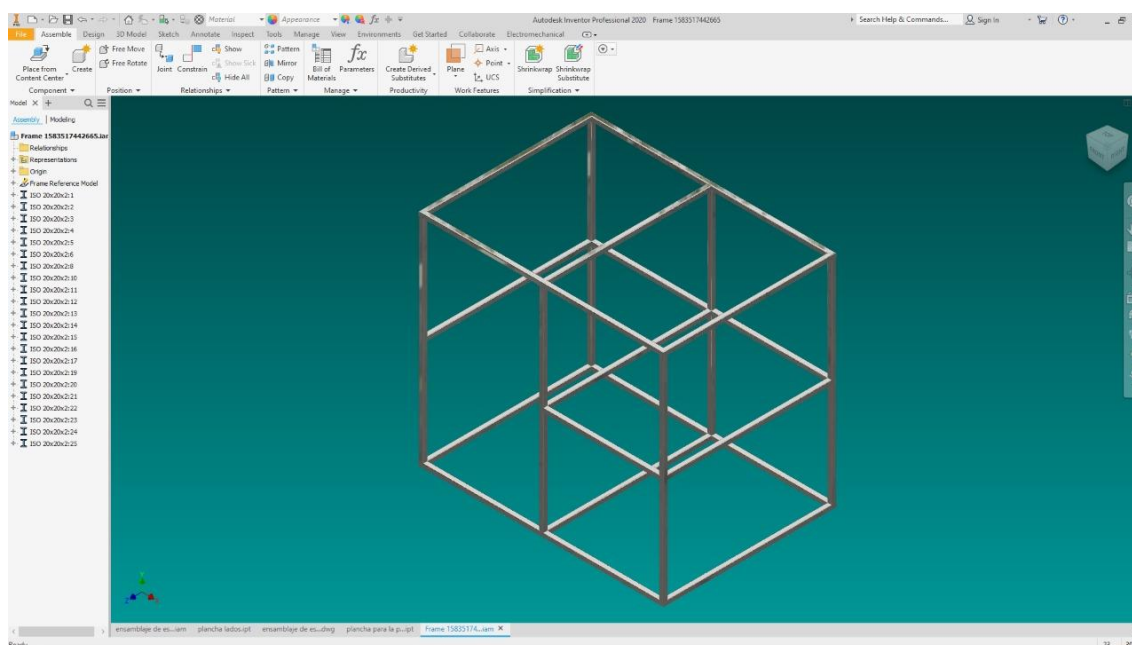


Figura 18. Estructura del mueble base del módulo-Inventor.

Fuente: elaboración propia

Básicamente toda la estructura será fabricada con tubo cuadrado 1'x1' A-36 dando un sólido soporte, las paredes del módulo será cubiertas con planchas A-36, en la parte inferior se fabricará un gabinete, donde se tendrán 3 compartimientos, gabinete el cual ser usado para guardar los diferentes elementos usados las distintas pruebas.

La estructura será pintada de color plomo con base zincromato y su posterior aplicación de pintura esmalte.

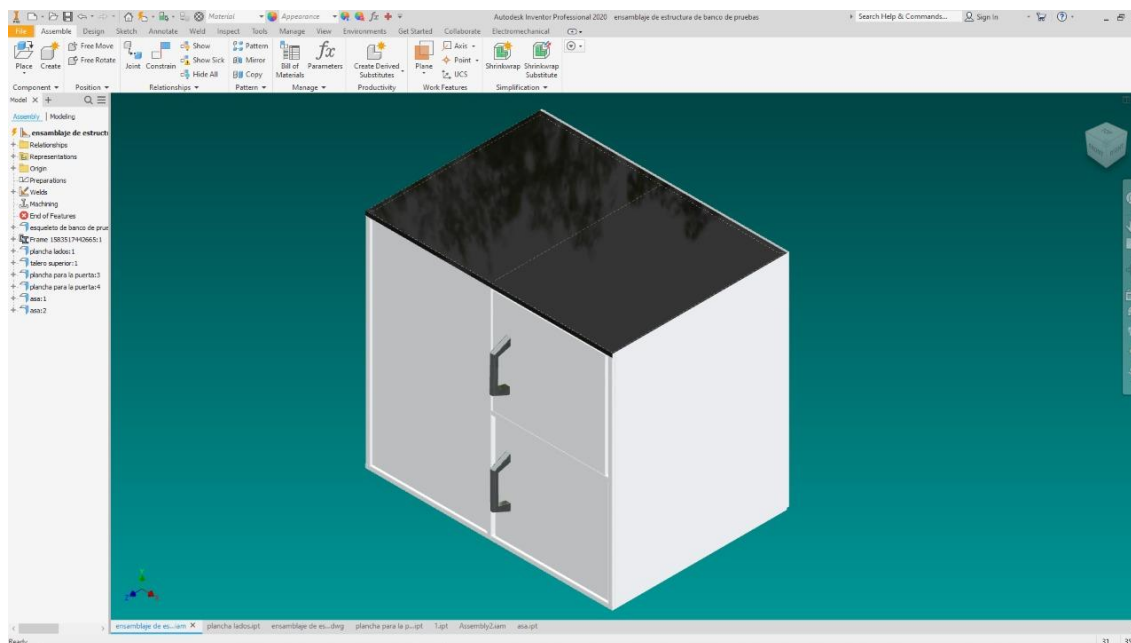


Figura 19. Modelamiento de mueble base del módulo-Inventor.

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Fabricación de la base del circuito

La base del circuito será fabricada con una plancha de material plástico, con un marco de aluminio, donde se instalará los componentes eléctricos y electrónicos, además de ello se colocará también el cableado eléctrico.

El panel tendrá las siguientes medidas 0.78 m de alto y 1.0 m de ancho donde irán instalados los equipos de medición en la parte frontal y en la parte posterior estará instalado el circuito eléctrico.

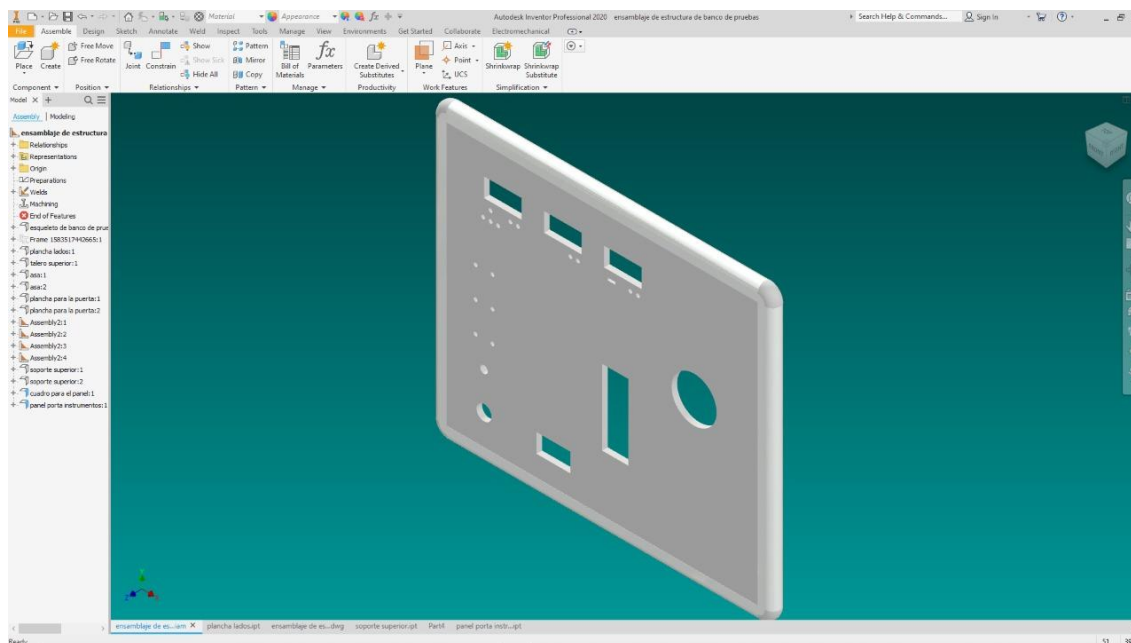


Figura 20. Base del circuito.
Fuente: elaboración propia

4.1.3 Instalación del circuito eléctrico

El circuito eléctrico se divide en dos partes, circuito de Fuerza y circuito de control, asimismo alimentados con una tensión de 220v, este constara de un interruptor, que alimentara los equipos electrónicos y la toma de fuerza.

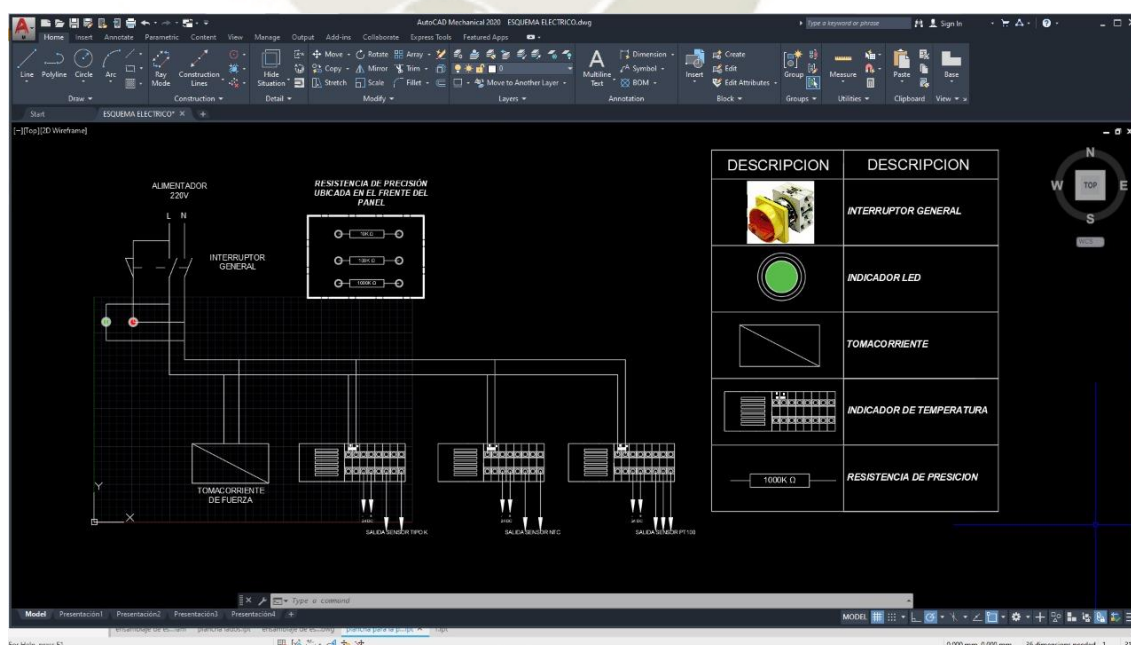


Figura 21. Diagrama eléctrico del Módulo de medición.
Fuente: Elaboración propia

Descripción de Ítems a Utilizar Alimentación

- Cable NLT, Tripolar
- Conector Schuko Tripolar

Descripción Ítems de indicador de encendido

- Interruptor General
- Indicador Led Rojo
- Indicador Led Verde

Descripción Ítems para Toma de Fuerza

- Tomacorriente de Doble entrada con Puesta a Tierra

Descripción Ítems para Equipos Electrónicos

- Cable THW 14 Awg
- Bornera Jack Conector 2mm Socket
- Conector Tipo U

Descripción de Ítems Para Peinado del Tablero

- Fijadores Autoadhesivos para Precintos y precintos

Descripción de ítems para resistencia de precisión

- Resistencia de Precisión
- Bornera Jack Conector 2mm Socket

4.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

4.2.1 Alimentación eléctrica

La alimentación se distribuirá con cable NLT, este cable vulcanizado permitirá una mejor sujeción en la parte posterior de la base del circuito y mayor protección ante cualquier evento.

Se Procederá a cortar un tramo de 3 metros de cable NLT, en un extremo se colocará el conector Schuko, con 2 metros de longitud, para que tenga una considerable distancia.



Figura 22. Cable de alimentación.
Fuente: elaboración propia

Ya conectado en un extremo del interruptor, se procede a conectar el otro extremo derivando en 2 circuitos uno dirigido hacia la toma de fuerza y el otro a los equipos electrónicos.



Figura 23. Derivación del interruptor general al tomacorriente doble.
Fuente: Elaboración propia

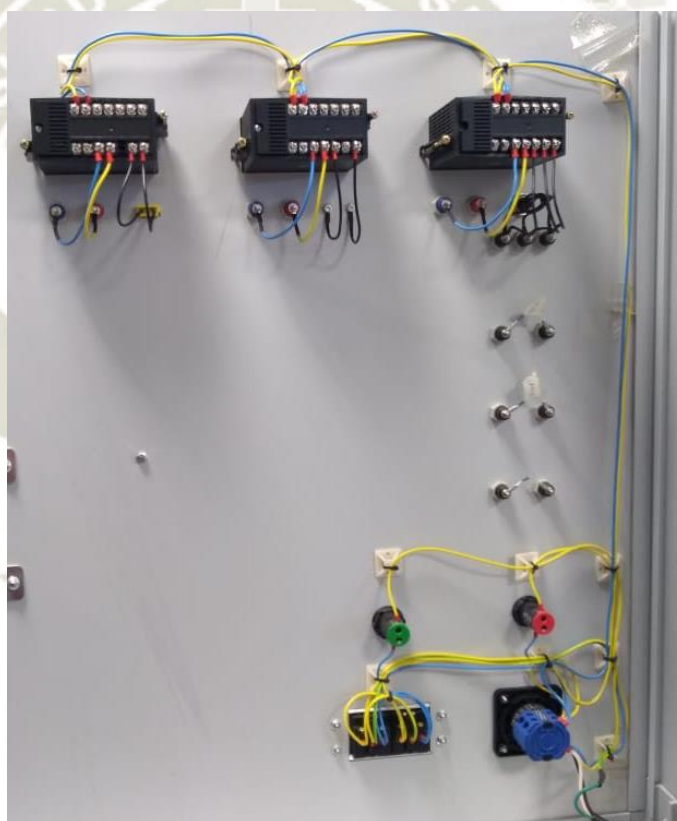


Figura 24. Derivación del interruptor principal hacia los componentes electrónicos
Fuente: Elaboración propia

En los Equipos Electrónicos se instalará en las Borneras de alimentación de cada equipo electrónico como se aprecia en la imagen.



Figura 25. Borneras de alimentación.
Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado esto concluye con lo que es la conexión de todos los equipos y la toma de fuerza.

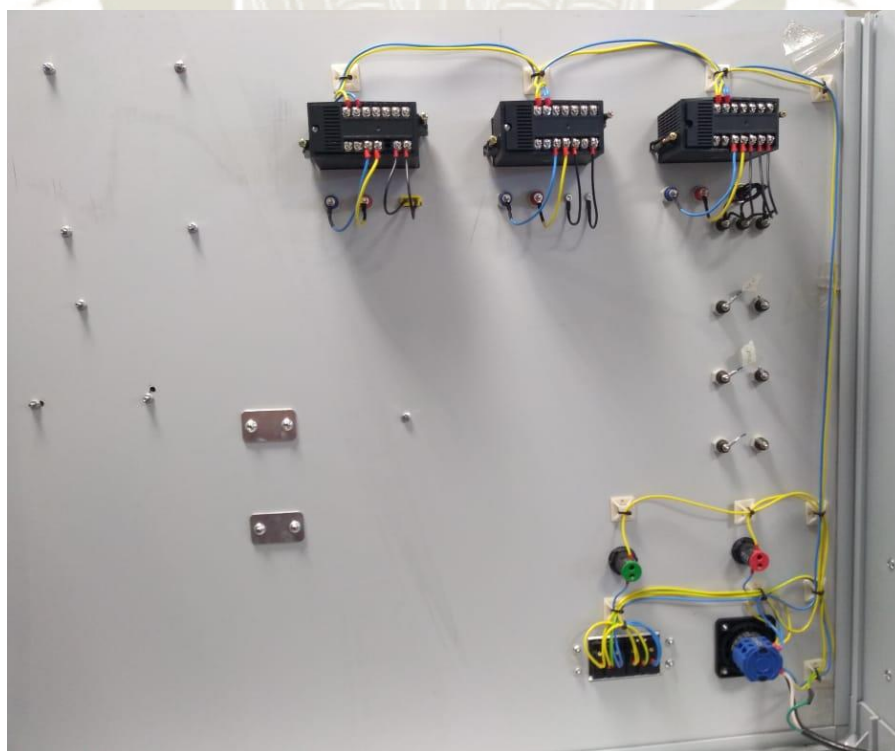


Figura 26. Conexión de equipos y toma de fuerza.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Conexión de las salidas de los equipos electrónicos.

Las salidas de cada equipo electrónico serán conectadas a unas borneras Jack socket para su fácil manipulación, teniendo en cuenta de que estas borneras hembras serán para facilitar la conexión de los sensores de temperatura. Cada indicador de temperatura tendrá 2 salidas hacia el panel, Una salida de 24 V y salidas del sensor.

Cada salida del indicador de temperatura se fija con conectores tipo u, el cual se pensará en ambos lados y se ira fijando a cada uno de los extremos a las borneras como al equipo electrónico.

La instalación de las Resistencia de precisión estará conectada con conectores tipo U los cuales irán fijados en las borneras como se aprecia en la imagen.



Figura 27. Conectores tipo U.
Fuente: Elaboración propia

4.3 COSTOS DE FABRICACIÓN

4.3.1 Costo de fabricación de mueble y soporte.

Tabla 13

Costo de fabricación de mueble y soporte.

MUEBLE DEL BANCO DE PRUEBAS	Unidad	P.U. (S/.)	Cantidad	Precio total (S/.)
Tubos de acero cuadrado 20x20x1"	und	30,0	3	90,0
Plancha de acero LAF 1/16" x 4' x 8'	und	80,0	1,5	120,0
Plancha de acero 2 mm de espesor	m2	40,0	1	40,0
Bisagras	und	0,5	4	2,0
Tubos de acero para soporte	m	20,0	1	20,0
Cuadro para el borde del panel	und	78,0	1	78,0
Panel porta instrumentos	m2	80,0	1	80,0
Tapa de plástico para los soportes de aluminio.	und	2,0	2	4,0
TOTAL				434,0

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.1 Costo de los instrumentos de medición

Tabla 14
Costo de instrumentos de medición.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	Unidad	Precio U (S/.)	Cantidad	Total(S/.)
Cable NLT, Tripolar	m	2,2	3	6,60
Conector Schuko Tripolar	und	8,9	1	8,90
Interruptor General	und	9,9	1	9,90
Indicador Led Rojo	und	2	1	2,00
Indicador Led Verde	und	2	1	2,00
Tomacorriente de Doble entrada con Puesta a Tierra	und	6	1	6,00
Cable THW 14 Awg	m	5	3	15,00
Bornera Jack Conector 2mm Socket	und	3	1	3,00
Conector Tipo U	und	3	1	3,00
Fijadores Autoadhesivos para Presintos y presintos	und	1	1	1,00
Resistencia de Precisión	und	3	1	3,00
Bornera Jack Conector 2mm Socket	und	3	1	3,00
PCE-N20T Serie	und	341,95	1	341,95
PCE-N24S Serie	und	237,88	1	237,88
Mypin Pt100 Rtd	und	194	1	194,00
TOOGOO(R)2M NTC S	und	25	1	25,00
TOOGOO(R)2M NTC S	und	60	1	60,00
Termómetro de bulbo seco y húmedo.	und	34,3	1	34,30
termómetro bimetalico	und	200	1	200,00
Termómetro de presión	und	28,3	1	28,30
resistencias de 10 100 1000 ohms	und	0,4	3	1,20
Botón de encendido del banco LW30-63 Long letter	und	78,9	1	78,90
Calentador de tasa Medidora	und	80	1	80,00
Caja de Almacenamiento	und	104	1	104,00
TOTAL				1448,93
PRECIO DEL MUEBLE DEL BANCO DE PRUEBAS				434,0
PRECIO TOTAL DEL BANCO DE MEDICIÓN				1882,93

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS DEL BANCO DE MEDICIÓN

5.1 PRUEBAS REALIZADAS EN LÍQUIDO

5.1.1 Prueba con PT 100

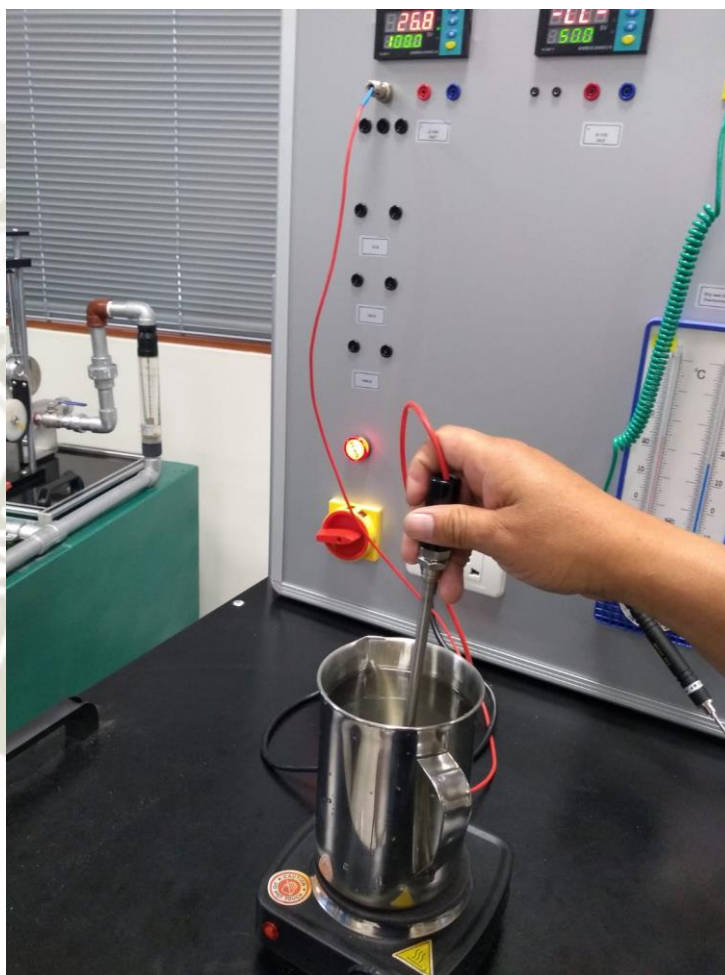


Figura 28. Prueba con PT 100.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Resultados de medición termómetro PT100.

PT 100					
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	23.5	36.6	37.3	43	44.5
2	21.6	41	51.7	61.4	74
3	25	34	2.7	55.5	59
4	26.6	36.3	48.4	56.9	68.4
5	26.9	38.1	52.2	64.4	71.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.
Lectura con PT 100.

PT 100					
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	23.5	36.6	37.3	43	44.5
2	21.6	41	51.7	61.4	74
3	25	34	2.7	55.5	59
4	26.6	36.3	48.4	56.9	68.4
5	26.9	38.1	52.2	64.4	71.6

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1. Prueba con K


Figura 29. Prueba con K.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17
Resultados de medición del termómetro tipo K.

Tipo K					
5.1.1.1 LECTUR A	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	20	41.1	43.2	49.8	53.7
2	17.6	43.9	52.2	65.1	73.5
3	24	41.8	56.8	71.2	81.1
4	24.5	48.8	65.3	81.8	94.1
5	23.8	50.2	70.9	90.2	94.6

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Prueba con Termómetro bimetalico



Figura 30. Prueba con Termómetro Bimetálico.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Resultados de medición del termómetro Bimetálico.

TERMÓMETRO BIMETÁLICO					
5.1.2.1 LECTUR					
A	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	21	38	40	45	49
2	20	42	50	60	70
3	24	40	50	65	74
4	22	45	63	75	90
5	24	45	65	85	90

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Prueba con Termómetro de presión



Figura 31. Prueba con Termómetro de presión.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Resultados de medición del termómetro de Presión.

5.1.3.1 TERMÓMETRO DE PRESIÓN					
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	0	0	0	5	8
2	0	8	12	20	28
3	0	5	10	20	25
4	0	5	16	25	35
5	0	7	18	34	38

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Prueba con infra rojo



Figura 32. Prueba con Infra rojo.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Resultados de medición del termómetro Infrarrojo.

INFRARROJO					
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C
1	21.5	35.8	39.7	41.4	47
2	20.7	38.6	46.3	54.4	65
3	20.3	41.4	54.3	63.9	74.1
4	20.6	40.5	55.8	71.2	81.8
5	20.6	39.5	60.5	76	90.3

Fuente: Elaboración propia.

5.2 PRUEBAS REALIZADAS EN SÓLIDO

Las pruebas se realizaron en 3 niveles diferentes de arena, variando de tal forma el nivel del sensor a profundidades de:

- 10 mm. Bajo
- 55 mm. Medio
- 100 mm. Alto

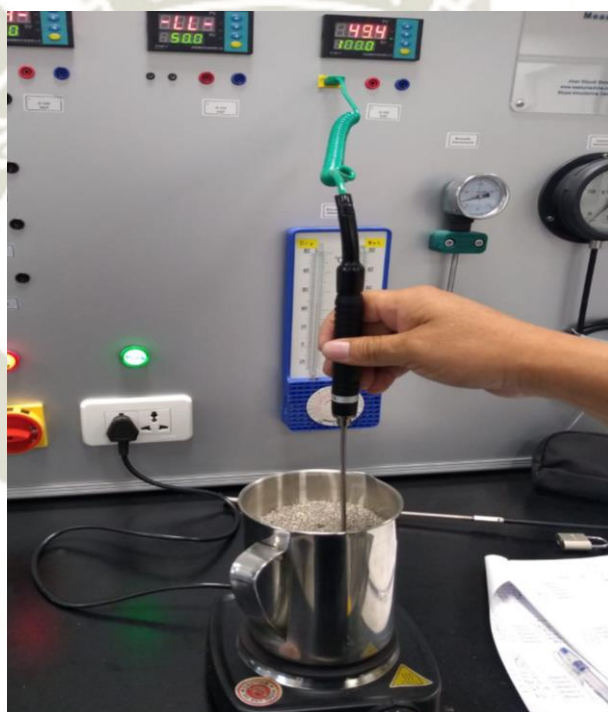


Figura 33. Pruebas en Sólido.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21
Resultados de medición en sólidos.

K			
	ALTO	MEDIO	BAJO
0 min °C	24.2	24	24
5 min °C	45.6	31.2	24.3
10 min °C	99.8	36.4	24.9
15 min °C	111.5	39.8	25.5
20 min °C	131.1	42.2	26.1

Fuente: Elaboración propia

5.3 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE

5.3.1 Incertidumbre del termómetro PT100

Tabla 22

Incertidumbre del termómetro PT100.

5.3.1.1 PT 100							INCERTIDUMBRE
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
1	23.5	36.6	37.3	43	44.5	-1.22	
2	21.6	41	51.7	61.4	74	-3.12	
3	25	34	2.7	55.5	59	0.28	
4	26.6	36.3	48.4	56.9	68.4	1.88	
5	26.9	38.1	52.2	64.4	71.6	2.18	
Valor medido (X)	24.72	37.2	38.46	56.24	63.5		
Desviación Dm	2.65	3.5	24.75	10.7	14.75		

Fuente: Elaboración propia.

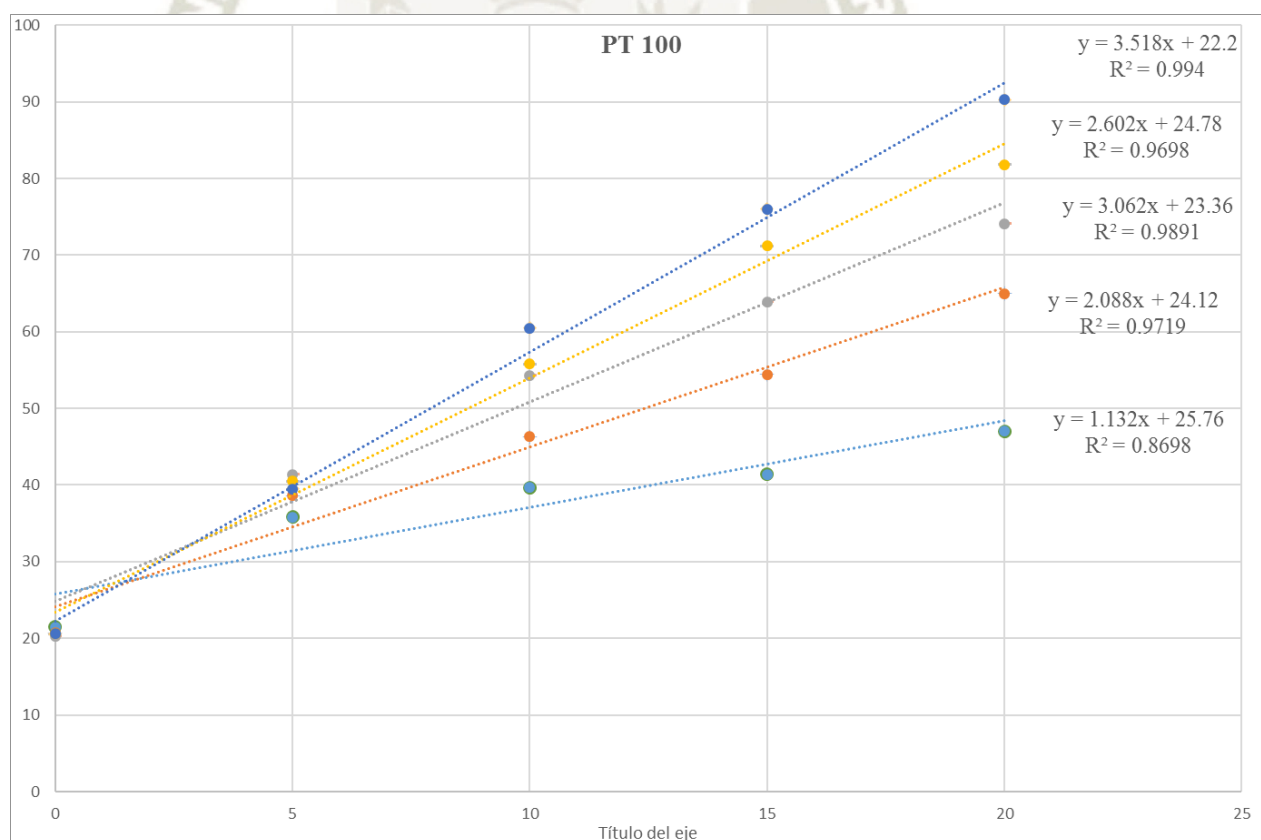


Figura 34. Desviación estándar PT 100.

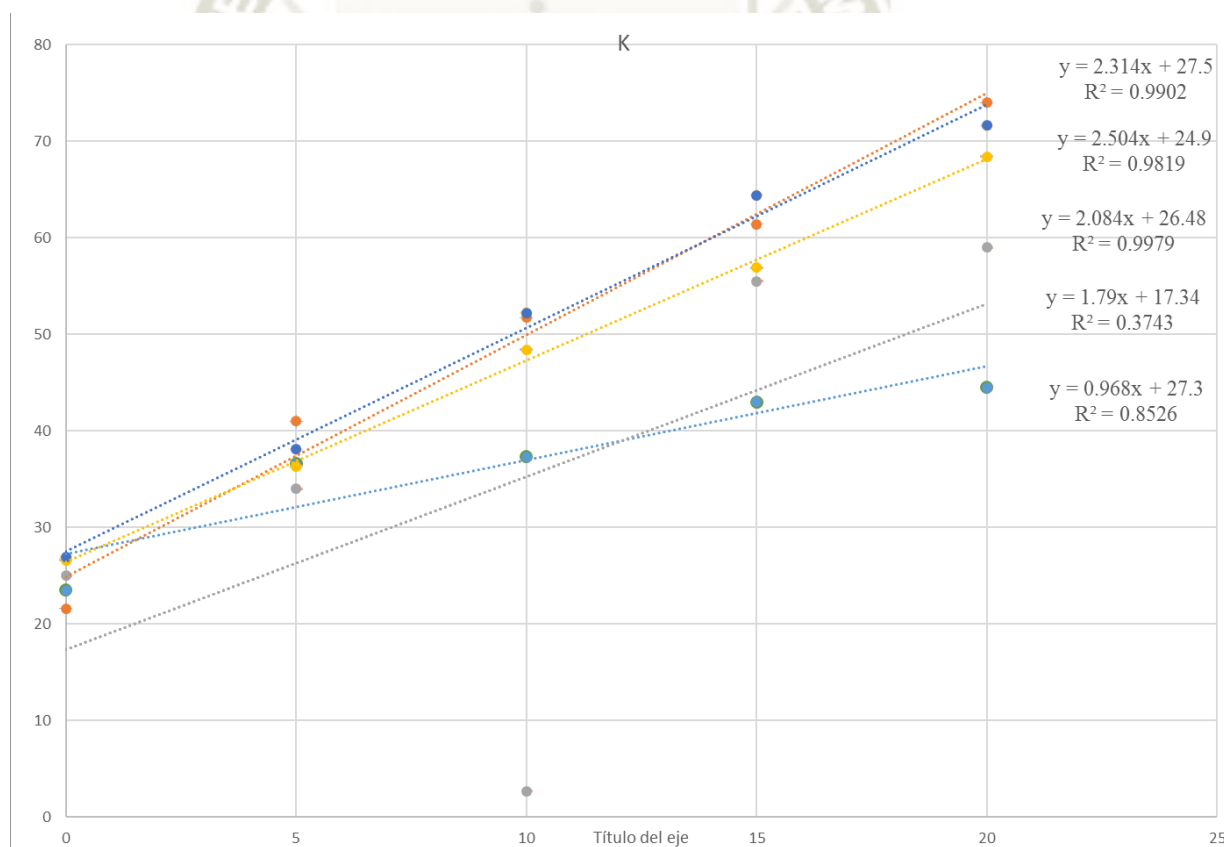
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Incertidumbre termómetro tipo K

Tabla 23
Incertidumbre termómetro Tipo K.

5.3.2.1.1 K							INCERTIDUMBRE
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
1	20	41.1	43.2	49.8	53.7	-1.98	
2	17.6	43.9	52.2	65.1	73.5	-4.38	
3	24	41.8	56.8	71.2	81.1	2.02	
4	24.5	48.8	65.3	81.8	94.1	2.52	
5	23.8	50.2	70.9	90.2	94.6	1.82	
Valor medido (X)	21.98	45.16	57.68	71.62	79.4		
Desviación Dm	3.45	4.55	13.85	20.2	20.45		

Fuente: elaboración propia


Figura 35 Desviación estándar K

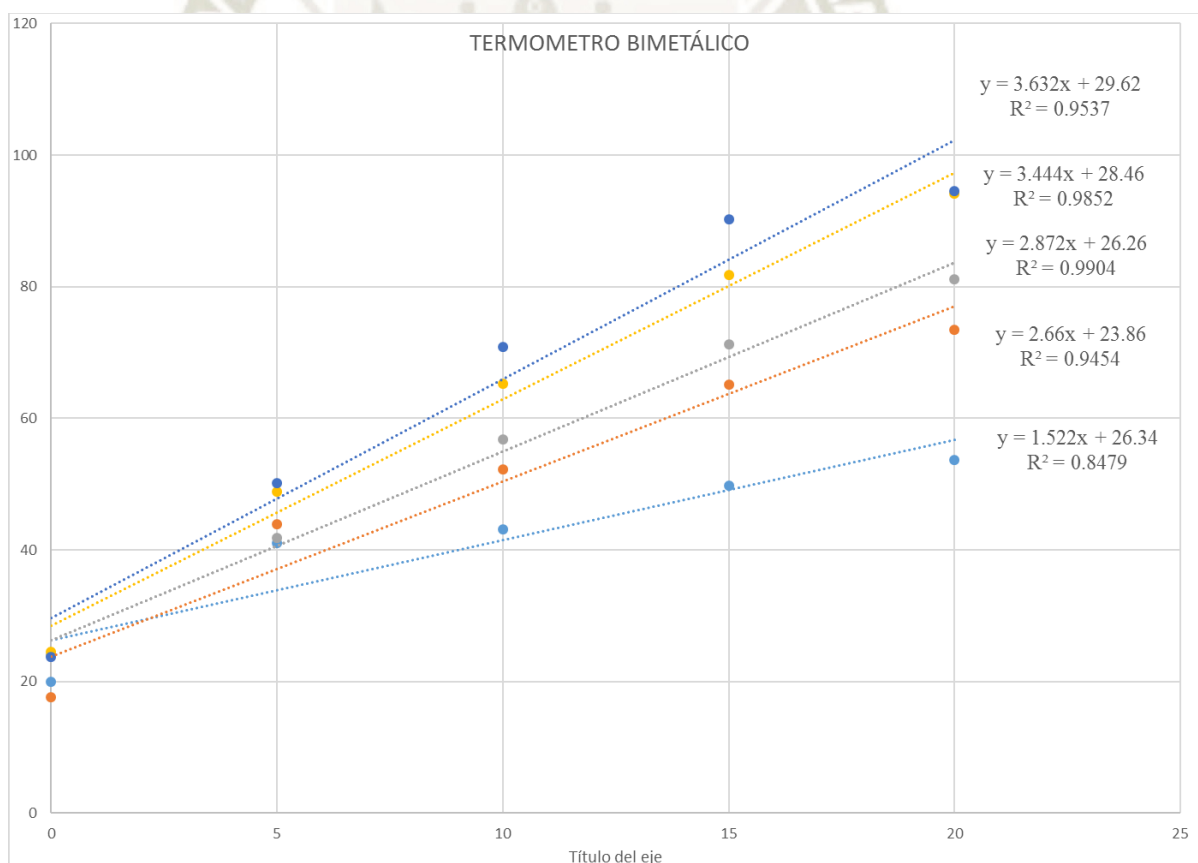
Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Incertidumbre termómetro Bimetálico

Tabla 24
Incertidumbre termómetro tipo bimetálico.

TERMÓMETRO BIMETÁLICO							5.3.3.2 INCERTIDUMBRE
5.3.3.1 LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
1	21	38	40	45	49	-1.2	1.788854382
2	20	42	50	60	70	-2.2	
3	24	40	50	65	74	1.8	
4	22	45	63	75	90	-0.2	
5	24	45	65	85	90	1.8	
Valor medido (X)	22.2	42	53.6	66	74.6		
Desviación Dm	2	3.5	12.5	20	20.5		

Fuente: Elaboración propia


Figura 36 Desviación estándar Bimetálico.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Incertidumbre termómetro de presión

Tabla 25

Incertidumbre termómetro de presión.

TERMÓMETRO DE PRESIÓN							INCERTIDUMBRE
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
1	0	0	0	5	8	0	
2	0	8	12	20	28	0	
3	0	5	10	20	25	0	
4	0	5	16	25	35	0	
5	0	7	18	34	38	0	
Valor medido (X)	0	5	11.2	20.8	26.8		
Desviación Dm	0	4	9	14.5	15		

Fuente: Elaboración propia.

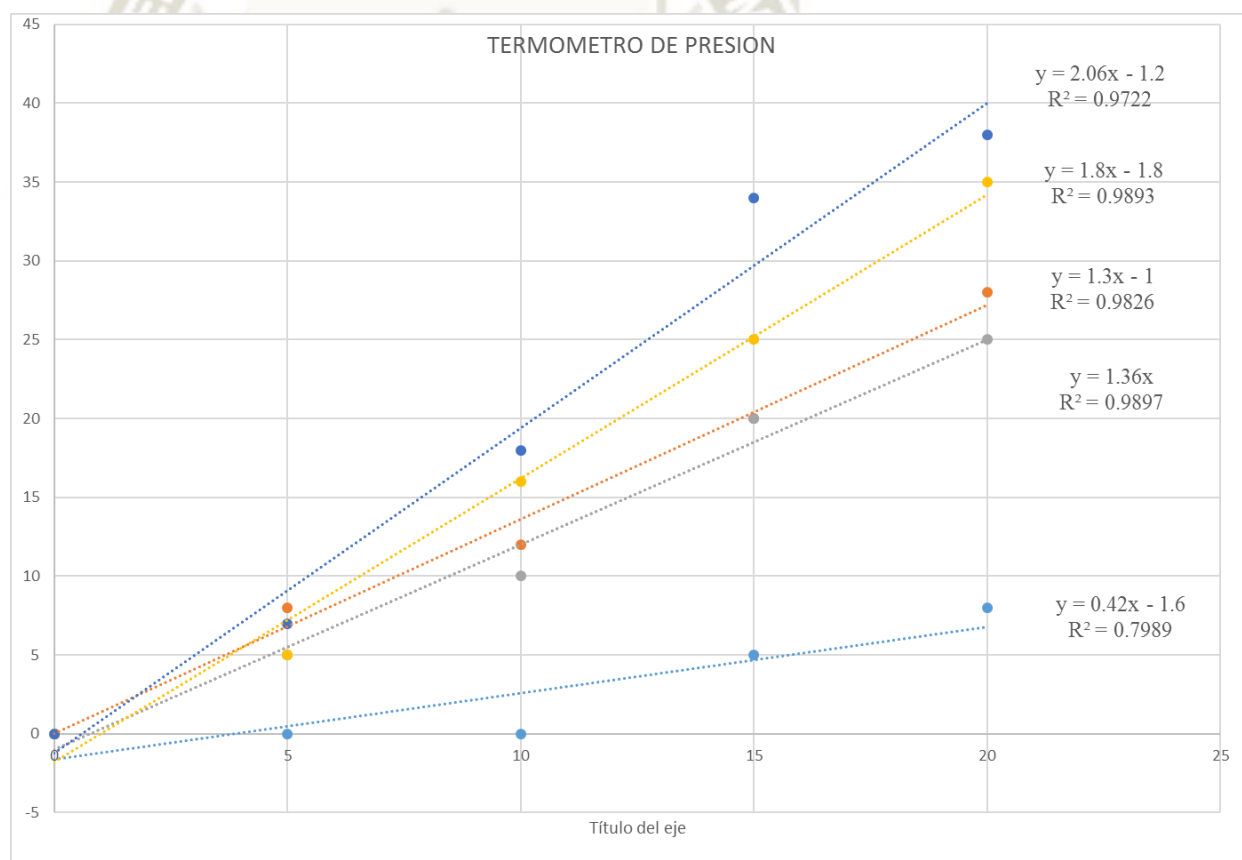


Figura 37. Desviación estándar termómetro de presión

Fuente: Elaboración propia

5.3.5 Incertidumbre termómetro Infrarrojo

Tabla 26
Incertidumbre termómetro infrarrojo.

INFRARROJO							INCERTIDUMBRE
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
1	21.5	35.8	39.7	41.4	47	0.76	
2	20.7	38.6	46.3	54.4	65	-0.04	
3	20.3	41.4	54.3	63.9	74.1	-0.44	
4	20.6	40.5	55.8	71.2	81.8	-0.14	
5	20.6	39.5	60.5	76	90.3	-0.14	
Valor medido (X)	20.74	39.16	51.32	61.38	71.64		
Desviación Dm	0.6	2.8	10.4	17.3	21.65		

Fuente: Elaboración propia

5.3.6 Incertidumbre termómetro tipo K en pruebas en solido

Tabla 27
Incertidumbre termómetro tipo K en pruebas en sólido

PRUEBA EN SOLIDO CON ARENA							INCERTIDUMBRE
LECTURA	0 min °C	5 min °C	10 min °C	15 min °C	20 min °C		
ALTO	24.2	45.6	99.8	111.5	131.1	0.133	
MEDIO	24	31.2	36.4	39.8	42.2	- 0.067	
BAJO	24	24.3	24.9	25.5	26.1	- 0.067	
Valor medido (X)	24.07	33.70	53.70	58.93	66.47		
Desviación Dm	0.1	10.65	37.45	43	52.5		

Fuente: Elaboración propia.

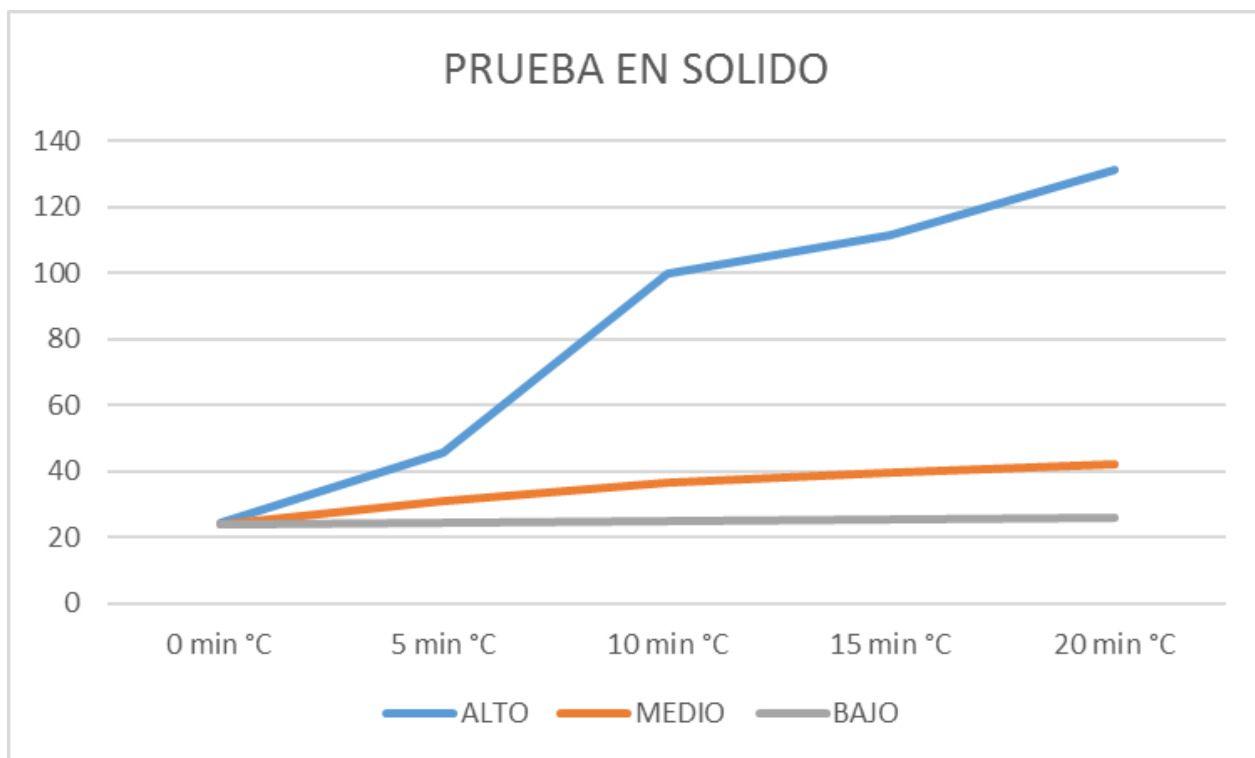


Figura 38. Desviación estándar termómetro tipo K Solido.
Fuente: Elaboración propia.

5.4 PRUEBAS REALIZADAS EN PSICRÓMETRO

El psicrómetro nos da las siguientes medidas:

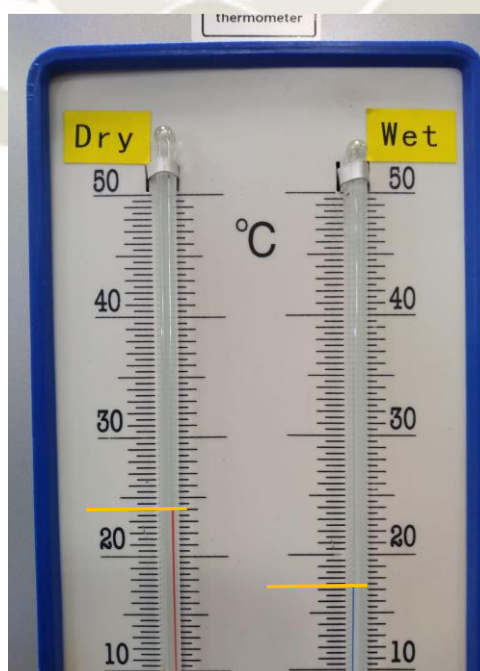


Figura 39. Psicrómetro.
Fuente. Elaboración propia.

- Temperatura de bulbo seco (TBS): 24 °C
- Temperatura de bulbo húmedo (TBH): 17.3 °C

Con estas temperaturas podemos determinar la humedad específica y relativa, estas son calculadas de la siguiente manera:

Humedad específica:

$$\omega_1 = \frac{C_p(T_{BH} - T_{BS}) + \omega_2 * h_{fg2}}{h_{g1} - h_{f2}}$$

$$\omega_2 = \frac{0.622 P_{g2}}{P - P_{g2}}$$

Donde:

ω : humedad específica (kg vapor de agua/kg aire seco)

P_{g2} : Presión de saturación a la temperatura de bulbo húmedo

P : Presión atmosférica

T_{BH} : Temperatura de bulbo húmedo

T_{BS} : Temperatura de bulbo seco

C_p : Calor específico del aire, presión constante, temperatura ambiente, 1.005

kJ/kg

h_{fg2} : Entalpía de vaporización a la temperatura de bulbo seco

h_{g1} : Entalpía de líquido subenfriado a la temperatura de bulbo seco

h_{f2} : Entalpía de vapor saturado a la temperatura de bulbo húmedo

Humedad relativa

$$\phi = \frac{\omega_1 P}{(0.622 + \omega_1)P_{g1}}$$

Donde:

ϕ : Cantidad de humedad que el aire contiene respecto a la cantidad máxima de humedad que el aire puede contener a la misma temperatura.

P_{g1} : Presión de la cantidad de vapor máxima contenido por el aire

Con las expresiones dadas anteriormente se puede determinar la humedad específica y relativa.

Con la TBH Y TBS se obtienen mediante tablas las presiones y las entalpías requeridas.

Presión atmosférica a 2400 msnm es 76.53 kPa (tabla A-16, Cengel)

Se realiza en algunos casos la interpolación para hallar el valor requerido.

$P_{g1} = 2.9856$ kPa (tabla A-4, Cengel)

$P_{g2} = 1.6755$ kPa (tabla A-4, Cengel)

$h_{fg2} = 2459.9$ kJ/kg (tabla A-4, Cengel)

$h_{g1} = 2544.7$ kJ/kg (tabla A-4, Cengel)

$h_{f2} = 72.617$ kJ/kg (tabla A-4, Cengel)

Reemplazando en la ecuación de la humedad específica:

$$\omega_2 = \frac{0.622 \times 1.6755 \text{ kPa}}{75.63 \text{ kPa} - 1.6755 \text{ kPa}}$$

$$\omega_2 = 0.01409192 \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}}$$

$$\omega_1 = \frac{1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} (17.3^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) + 0.014091 * 2459.9 \text{ kJ/kg}}{2544.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 72.62 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\omega_1 = 0.01129866 \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}}$$

Luego tenemos:

$$\omega_1 = \frac{0.622 (1.6755 \text{ kPa})}{75.63 \text{ kPa} - 1.6755 \text{ kPa}}$$

$$\omega_1 = 0.01409192 \frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}}$$

Reemplazando en la ecuación de la humedad relativa

$$\phi = \frac{\omega_1 P}{(0.622 + \omega_1) P_{g1}}$$

$$\phi = \frac{0.01409192 \times 75.63 \text{ kPa}}{(0.622 + 0.01409192) 2.9856 \text{ kPa}}$$

$$\phi = 45.19 \%$$

5.1.3. Medición usando la carta Psicrométrica

Se realiza el cálculo de la temperatura de rocío, humedad absoluta, humedad relativa y la entalpia, utilizando la carta psicrométrica.

Datos:

TBS: 24 °C

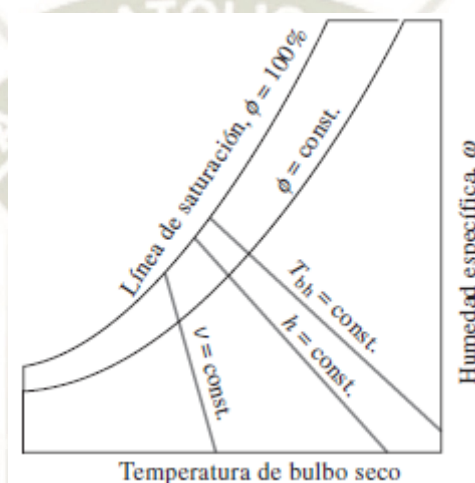
TBH: 17.3 °C

Tabla 28.
Medición usando la carta Psicrométrica.

TBH °C	TBS °C	T. ROCÍO °C	ENTALPIA h(kJ/kg a. seco)	HUMEDAD ABSOLUTA w (g/kg aire seco)	HUMEDAD RELATIVA ϕ (%)
24	17.3	13.4	49	9.8	52

Fuente: Elaboración propia

Nota: La carta Psicrométrica está en función de la altura a nivel del mar


Figura 40. Esquema de la carta Psicrométrica.
Fuente: Cengel 7^{ma} Edición.

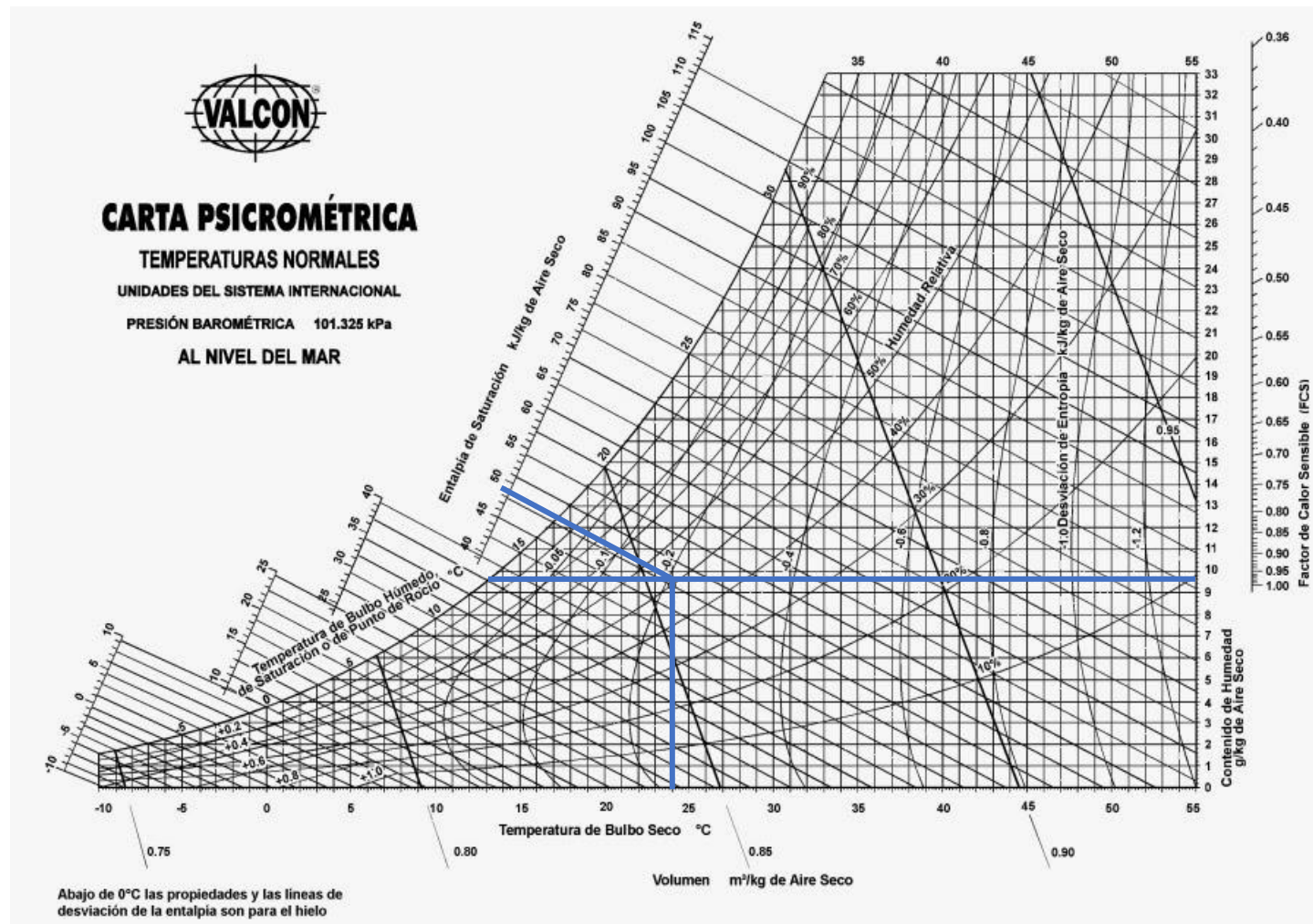


Figura 41. Medición psicrométrica.
 Fuente: <http://psicrometria-imi131.blogspot.com/>.

5.4.1 Medición usando la carta Psicrométrica online

Esta calculadora proporciona los resultados ingresando los valores del bulbo húmedo y del bulbo seco, que son los que medimos, demás también se puede utilizar otros valores psicrométricos, nos mostrara también un diagrama o carta psicrométrica.

Datos:

Altura: 2400 msnm

TBS: 24 °C

TBH: 17.3 °C

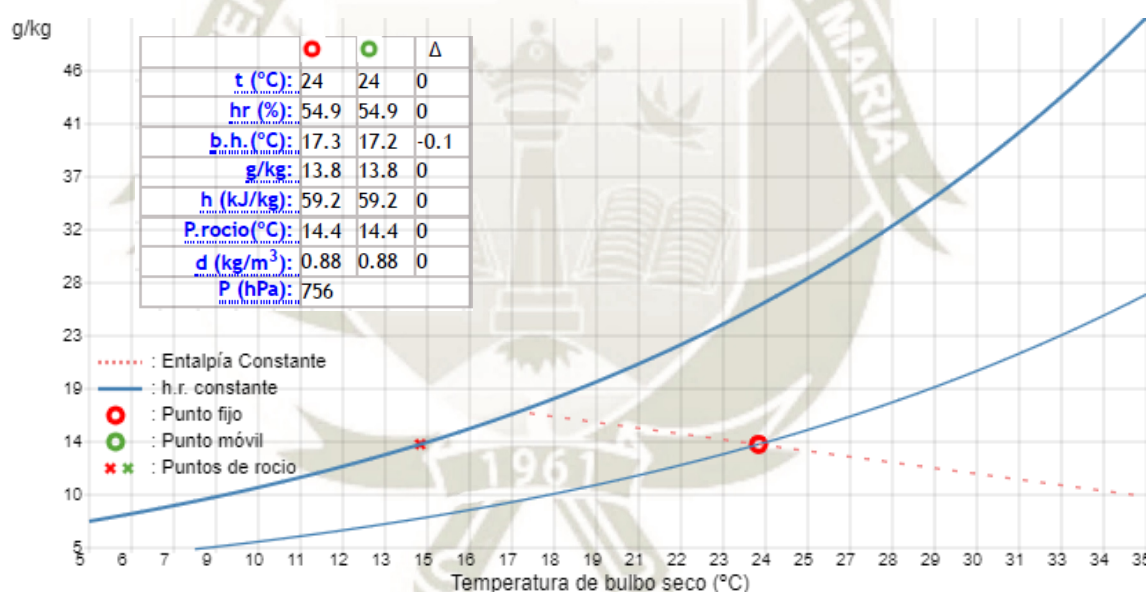


Figura 42.Diagrama Psicrométrico

Fuente: www.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos

Tabla 29.

Resultados de medición usando la carta Psicrométrica online.

TBH °C	TBS °C	T. ROCIO °C	ENTALPIA h(kJ/kg a. seco)	HUMEDAD ABSOLUTA w (g/kg aire seco)	HUMEDAD RELATIVA Ø(%)
24	17.3	14.4	59.2	13.8	54.9

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Cálculo psicrométrico mediante el software Greenheck HDPsyChart

Datos:

Altura: 2400 msnm

TBS: 24 °C=75.2°F

TBH: 17.3 °C=63.32°F

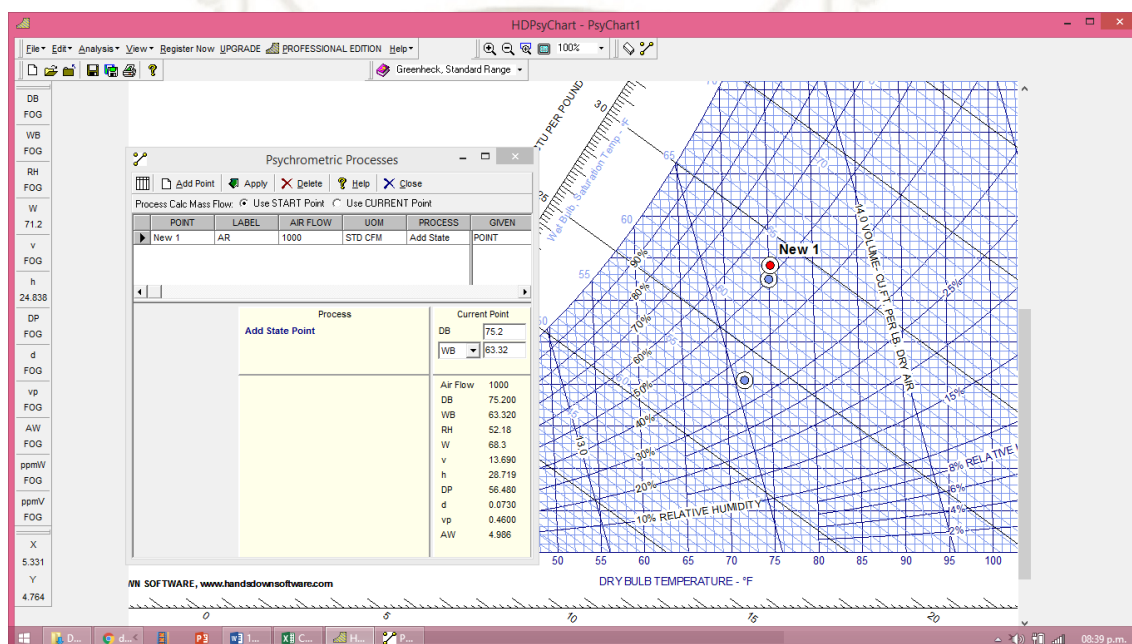


Figura 43. Diagrama psicrométrico mediante el software Greenheck HDPsyChart
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30.
Resultados software Greenheck HDPsyChart.

TBH °F °C	TBS °F °C	T. ROCÍO °F C	ENTALPIA h(BTU/lb a.seco) (kJ/kg a.seco)	HUMEDAD ABSOLUTA w (grain/cu.ft) (g/kg aire seco)	HUMEDAD RELATIVA Ø(%)
75.2 24	63.32 17.3	56.48 13.6	28.719 66.8	4.98 0.019	52.18 52.18

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se concluye de la investigación la posibilidad de diseñar y construir un banco de medición de temperatura con un costo de 1882,93 soles, dicho banco será implementado en el laboratorio de termo-fluidos de la EPIMMEM y sea usado por todos los alumnos de la Universidad Católica de Santa María.
- Se concluye que la implantación del banco de medición de temperatura permitirá desarrollar las actividades correspondientes según las metodológicas y procedimientos que se requiere en el Laboratorio de Termo-fluidos.
- Se concluye que se puede adquirir equipos e instrumentos de medición de temperatura convencionales y equipos de medición eléctricos con lecturas digitales que se implementaran en el banco de medición en el laboratorio de Termo-fluidos.
- Se concluye que para el uso del banco de medición de temperatura se elabora un manual de protocolo de los instrumentos y equipos de ensayo implementados y guías para el desarrollo de las prácticas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la calibración periódica de los instrumentos de lectura digital, debido a que es uno de los métodos de medición de temperatura más usados en la industria de máquinas, equipos, etc. Y además tener equipos de repuesto ante alguna mala operación durante los ensayos ya que los costos de implementación no son elevados.

Se recomienda la construcción de otro banco de mediciones que abarque más parámetros como, la presión, caudal, velocidad de los fluidos para poder ser implementado en el laboratorio de termo fluidos de la universidad.

Se recomienda que todas las prácticas a realizar en el banco de medición sean supervisadas por personal capacitado y que el alumno tenga todos los conocimientos previos necesarios, estos conocimientos deben ser desarrollados en clase como parte de la teoría de los cursos correspondientes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Álvarez, E. (2007). Escalas Termométricas. Argentina: Asociación Argentina de Control Automático.
- Angulo, A. (2012). Termometría. Disponible en la web de :
<https://profearnaldo.files.wordpress.com/2012/04/termometria-4.pdf>.
- Barbecho, j. & Sarmiento, A. (2013). Diseño e Implementación de Tres Bancos de instrumentación Industrial para la Medición de Fuerza – Desplazamiento y Temperatura en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Carrera de ingeniería mecánica.
- Burbano S., Burbano E. & Gracia C. (2003). Física General. Madrid, España: Tébar.
- Cengel Y. , & Boles M. (2011). Termodinámica - Séptima edición.
- Cerven D. & Naranjo E. (2017). Instrumentación de procesos industriales. Carabobo, Venezuela: Universidad de Carabobo.
- De Paz C. (2011). Química inorgánica: <https://www.fullquimica.com/2011/07/escalas-de-temperatura.html>.
- Diaz, F. (2013). Laboratorio de Termo fluidos. Cuautitlán Izcalli. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gelmi C. (2011). Transferencia de calor, masa y momentum: casos de estudio. Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Godino, O. & Oliva, A. (2011). Física II. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

Ingeniería Mecafenix. (30 de Abril de 2018). Ingeniería Mecafenix-La enciclopedia de la Ingeniería. <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/termistor-sensor-temperatura/>

Jaramillo, H. & Quito, J. (2016). Implementación de un Módulo de Instrumentación para Medir y Controlar Variables de Presión, Temperatura, Caudal y Nivel. En el Laboratorio de Automatización Industrial en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Riobamba. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jiménez, J., Gutiérrez, C. & Barbosa, J. (2014). Termodinámica. México: Grupo Editorial Patria.

Kahan S. (2004). Modulo: Aire húmedo. Uruguay: Universidad de la República.

Kittel, C. (1973). Física Térmica. Barcelona. España: Editorial Reverte, S.A.

López, W. & Moyon, N. (2011). Desarrollo de un Sistema SCADA para la Medición de Temperatura con Sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica. Riobamba. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Lindao, M. (2018). Diseño y Fabricación de Prototipo de Banco de Pruebas Portables para Medidores de Agua Potable. Piura. Perú: Universidad de Piura.

Maturana A. (2013). Longitud, capacidad y masa. Almeria, España: CEIP San Tesifón.

Perea, J. (2016). Diseño de un Sistema de Monitoreo, Registro y Control de Temperatura y Humedad para un Cultivo de Invernadero. Pereira. Colombia Universidad Tecnológica de Pereira.

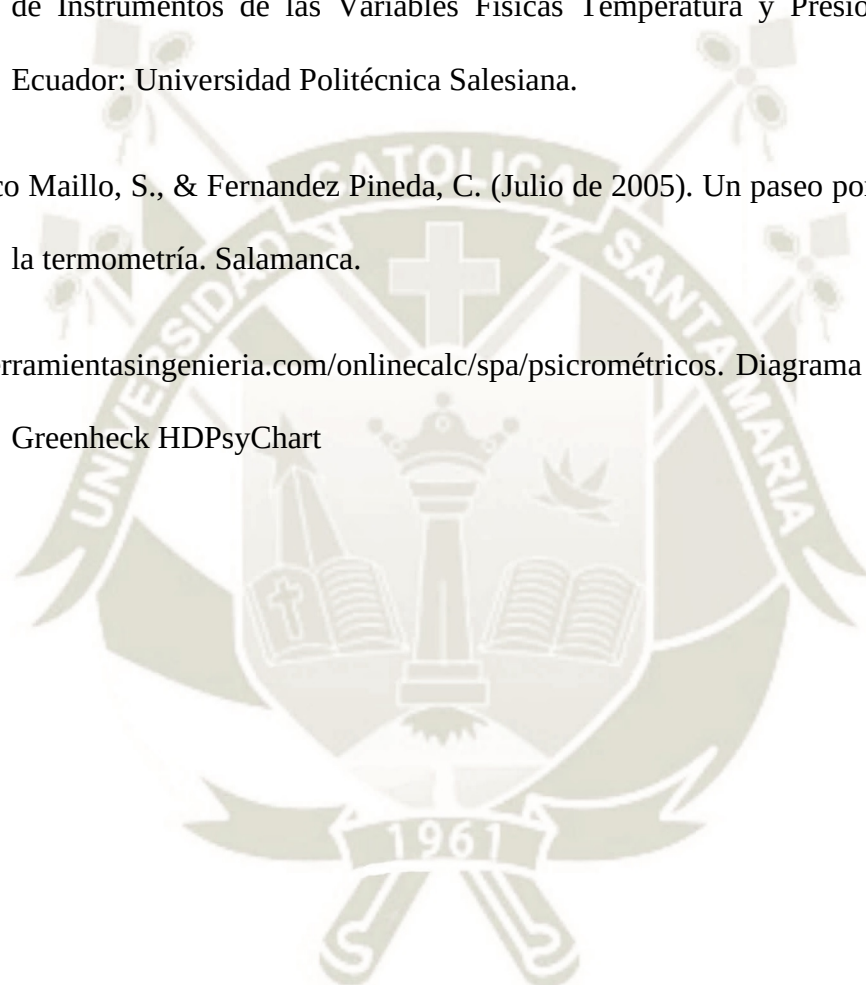
Picquart, M. & Carrasco, I. (2017). De la Temperatura y su Medición. Ciudad de México.
México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Quiñones H. (2012). Calor y Temperatura. Perú: Mundo Fluidos.

Sánchez, L. (2015). Diseño e Implementación de un Banco de Prueba para el Contraste
de Instrumentos de las Variables Físicas Temperatura y Presión. Guayaquil.
Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

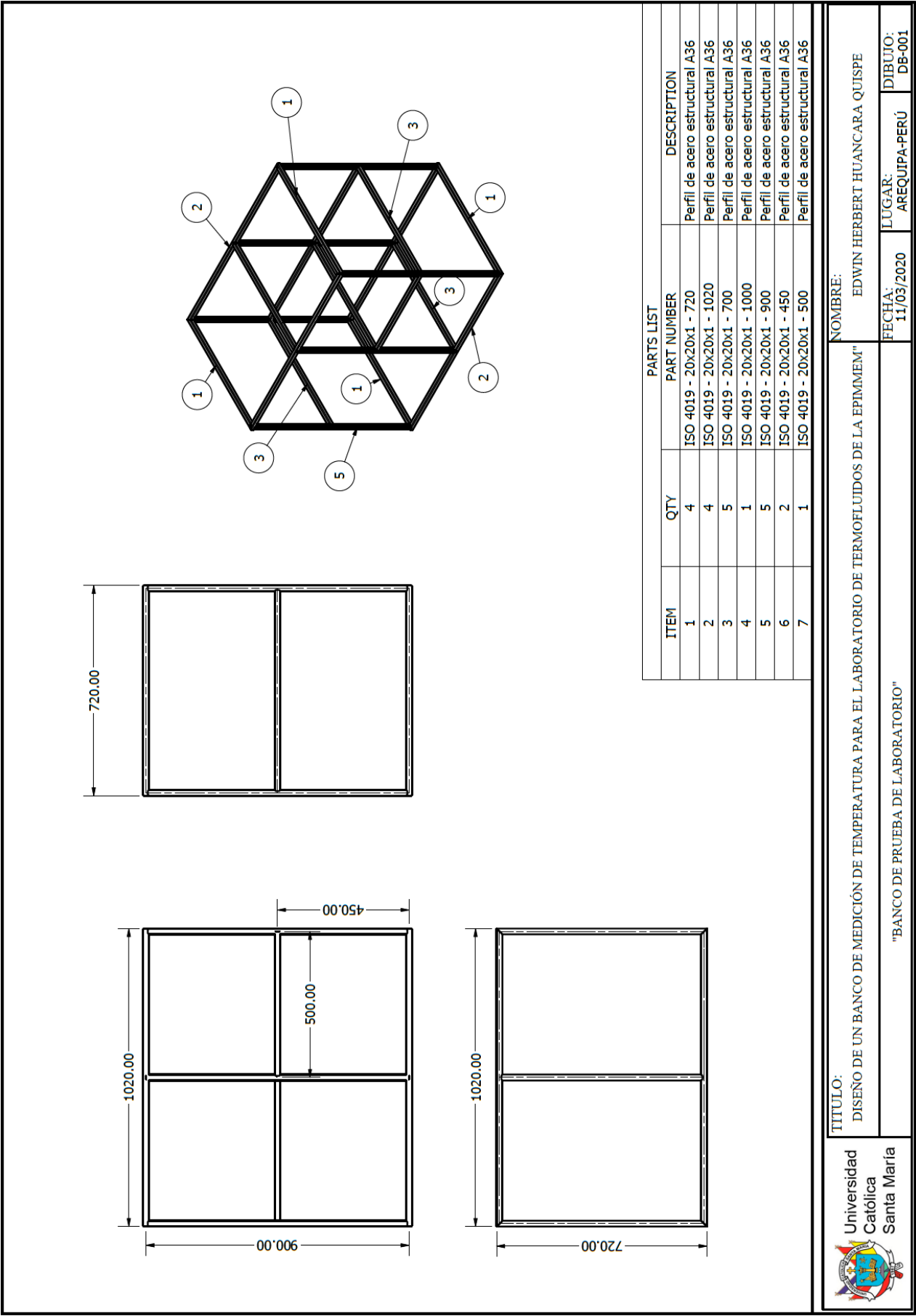
Velasco Maillo, S., & Fernandez Pineda, C. (Julio de 2005). Un paseo por la historia de
la termometría. Salamanca.

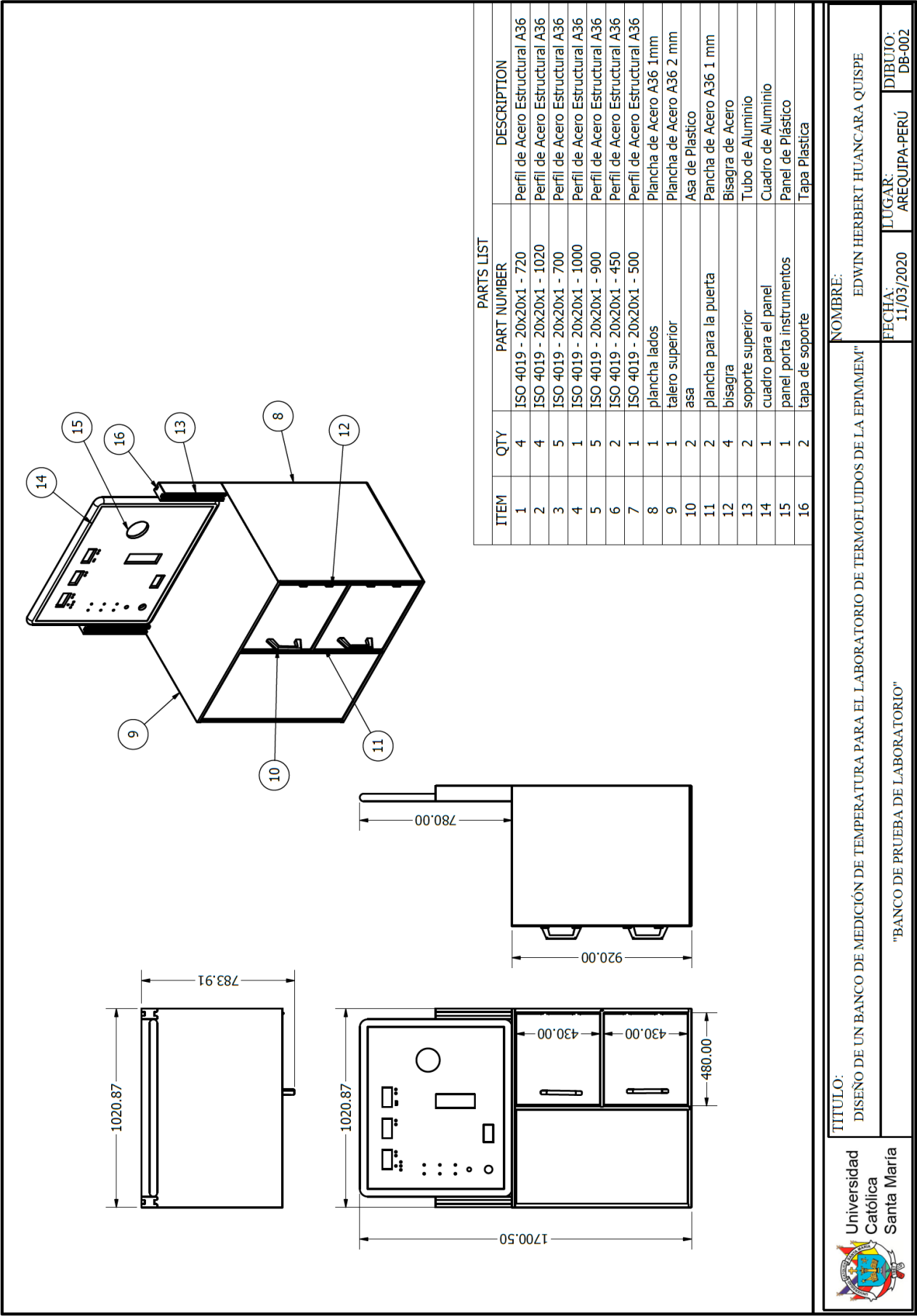
[ww.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrométricos](http://ww.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos). Diagrama Psicrométrico
Greenheck HDPsyChart

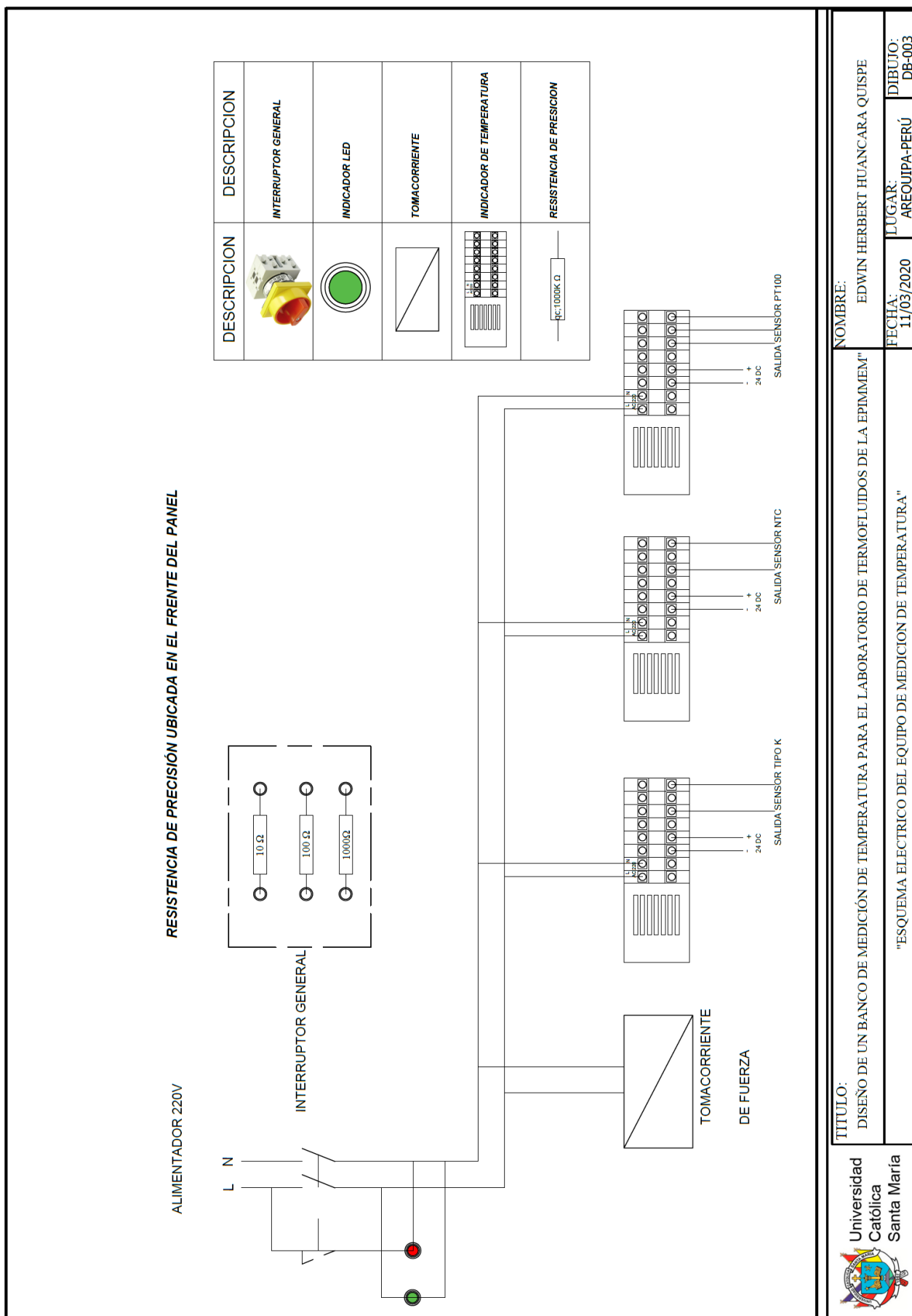


PLANOS









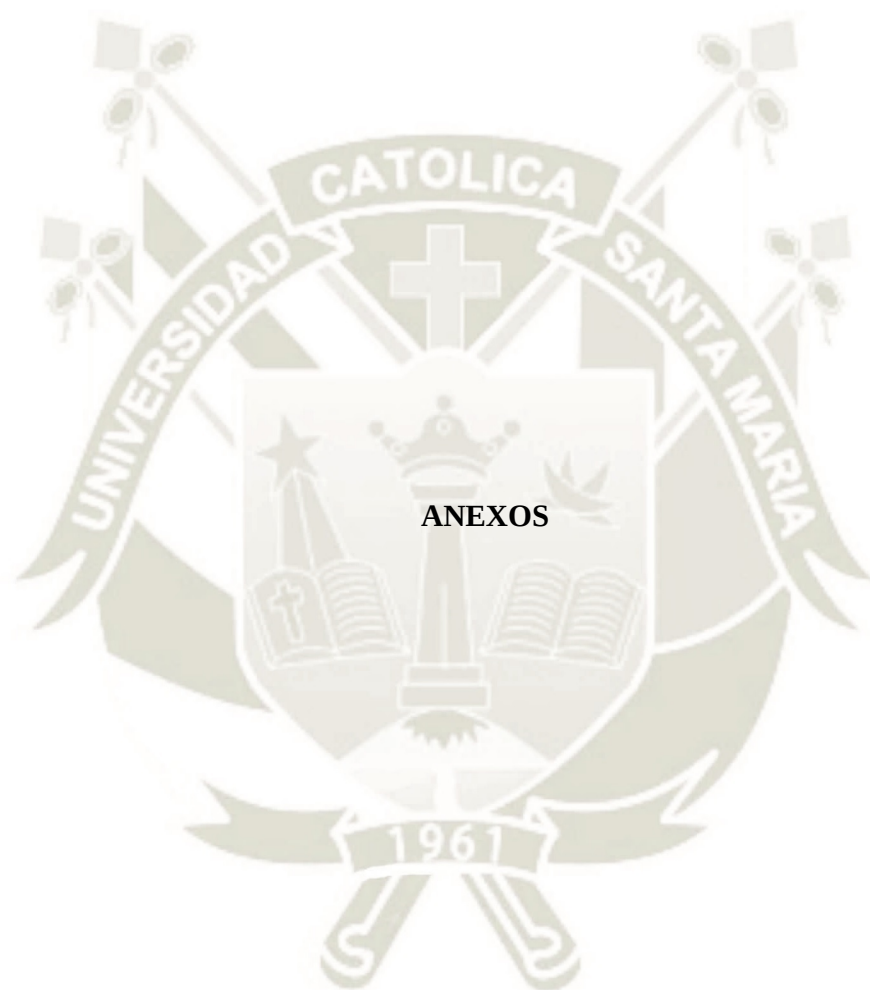


TABLA A-4

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

TABLA A-16

Propiedades de la atmósfera a gran altitud

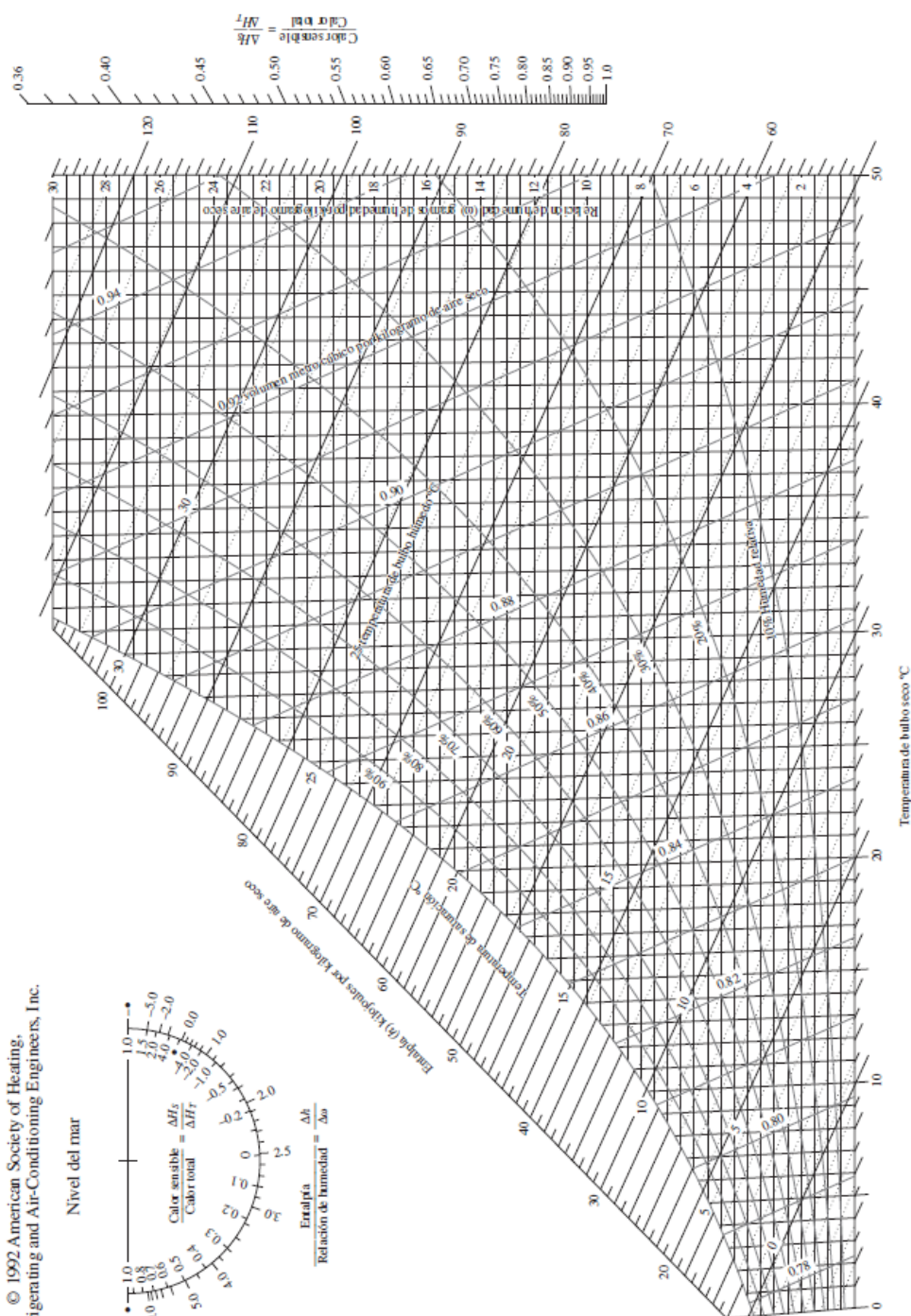
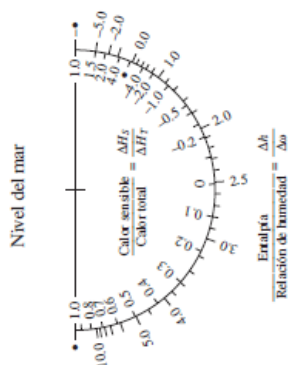
Altitud, m	Temperatura, °C	Presión, kPa	Gravedad g, m/s ²	Velocidad del sonido, m/s	Densidad, kg/m ³	Viscosidad μ , kg/m · s	Conductivi- dad térmica, W/m · K
0	15.00	101.33	9.807	340.3	1.225	1.789×10^{-5}	0.0253
200	13.70	98.95	9.806	339.5	1.202	1.783×10^{-5}	0.0252
400	12.40	96.61	9.805	338.8	1.179	1.777×10^{-5}	0.0252
600	11.10	94.32	9.805	338.0	1.156	1.771×10^{-5}	0.0251
800	9.80	92.08	9.804	337.2	1.134	1.764×10^{-5}	0.0250
1000	8.50	89.88	9.804	336.4	1.112	1.758×10^{-5}	0.0249
1200	7.20	87.72	9.803	335.7	1.090	1.752×10^{-5}	0.0248
1400	5.90	85.60	9.802	334.9	1.069	1.745×10^{-5}	0.0247
1600	4.60	83.53	9.802	334.1	1.048	1.739×10^{-5}	0.0245
1800	3.30	81.49	9.801	333.3	1.027	1.732×10^{-5}	0.0244
2000	2.00	79.50	9.800	332.5	1.007	1.726×10^{-5}	0.0243
2200	0.70	77.55	9.800	331.7	0.987	1.720×10^{-5}	0.0242
2400	-0.59	75.63	9.799	331.0	0.967	1.713×10^{-5}	0.0241
2600	-1.89	73.76	9.799	330.2	0.947	1.707×10^{-5}	0.0240
2800	-3.19	71.92	9.798	329.4	0.928	1.700×10^{-5}	0.0239
3000	-4.49	70.12	9.797	328.6	0.909	1.694×10^{-5}	0.0238
3200	-5.79	68.36	9.797	327.8	0.891	1.687×10^{-5}	0.0237
3400	-7.09	66.63	9.796	327.0	0.872	1.681×10^{-5}	0.0236
3600	-8.39	64.94	9.796	326.2	0.854	1.674×10^{-5}	0.0235
3800	-9.69	63.28	9.795	325.4	0.837	1.668×10^{-5}	0.0234
4000	-10.98	61.66	9.794	324.6	0.819	1.661×10^{-5}	0.0233
4200	-12.3	60.07	9.794	323.8	0.802	1.655×10^{-5}	0.0232
4400	-13.6	58.52	9.793	323.0	0.785	1.648×10^{-5}	0.0231
4600	-14.9	57.00	9.793	322.2	0.769	1.642×10^{-5}	0.0230
4800	-16.2	55.51	9.792	321.4	0.752	1.635×10^{-5}	0.0229
5000	-17.5	54.05	9.791	320.5	0.736	1.628×10^{-5}	0.0228
5200	-18.8	52.62	9.791	319.7	0.721	1.622×10^{-5}	0.0227
5400	-20.1	51.23	9.790	318.9	0.705	1.615×10^{-5}	0.0226
5600	-21.4	49.86	9.789	318.1	0.690	1.608×10^{-5}	0.0224
5800	-22.7	48.52	9.785	317.3	0.675	1.602×10^{-5}	0.0223
6000	-24.0	47.22	9.788	316.5	0.660	1.595×10^{-5}	0.0222
6200	-25.3	45.94	9.788	315.6	0.646	1.588×10^{-5}	0.0221
6400	-26.6	44.69	9.787	314.8	0.631	1.582×10^{-5}	0.0220
6600	-27.9	43.47	9.786	314.0	0.617	1.575×10^{-5}	0.0219
6800	-29.2	42.27	9.785	313.1	0.604	1.568×10^{-5}	0.0218
7000	-30.5	41.11	9.785	312.3	0.590	1.561×10^{-5}	0.0217
8000	-36.9	35.65	9.782	308.1	0.526	1.527×10^{-5}	0.0212
9000	-43.4	30.80	9.779	303.8	0.467	1.493×10^{-5}	0.0206
10,000	-49.9	26.50	9.776	299.5	0.414	1.458×10^{-5}	0.0201
12,000	-56.5	19.40	9.770	295.1	0.312	1.422×10^{-5}	0.0195
14,000	-56.5	14.17	9.764	295.1	0.228	1.422×10^{-5}	0.0195
16,000	-56.5	10.53	9.758	295.1	0.166	1.422×10^{-5}	0.0195
18,000	-56.5	7.57	9.751	295.1	0.122	1.422×10^{-5}	0.0195

Fuente: U.S. Standard Atmosphere Supplements. Oficina de Impresiones del Gobierno de Estados Unidos, 1966. Basadas en las condiciones medias anuales a una latitud de 45° y una variación de acuerdo con la época del año y con los patrones del clima. Las condiciones al nivel del mar ($z = 0$) se consideran como $P = 101.325$ kPa, $T = 15^\circ\text{C}$, $\rho = 1.2250$ kg/m³, $g = 9.80665$ m/s².



ASHRAE Gráfica psicrométrica núm. 1
Temperatura normal
Presión barométrica 101.325 kPa

© 1992 American Society of Heating,
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.



Preparado por el Centro de Estudios Aplicados de Termodinámica, Universidad de Idaho.

FIGURA A-31

Carta psicrométrica a 1 atm de presión total.

Reproducida con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia; usada con permiso.

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DE MEDICIÓN
DE TEMPERATURA**

REGLAS DE OPERACIÓN DEL CALENTADOR AJUSTABLE DE LABORATORIO

Gire el interruptor de giro del calentador eléctrico. Este calentador eléctrico tiene 5 posiciones, para ajustar la temperatura ajuste el interruptor a la posición adecuada para que alcance la temperatura requerida, luego puede mantenerlo a temperatura constante, preste atención a cuando el calentador no se utiliza que este en posición “OFF” y desenchufe.



INSTRUCCIONES DE USO

BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Lea el manual de instrucciones del equipo antes de usar este equipo.

- Este equipo de entrenamiento necesita calentar las partículas líquidas y sólidas. En el experimento proteja al personal y el equipo, usando guantes y gafas aislantes.
- No mueva líquidos y sólidos calientes para evitar derrames en el equipo durante el movimiento.
- Los termómetros de bulbo seco y húmedo, así como los termómetros de tubo de vidrio son artículos frágiles y deben manejarse con cuidado.
- Debido a las diferentes características de varias sondas, las sondas de temperatura PT100 y NTC solo pueden medir la temperatura del líquido, y no deben medir los sólidos calentados, la medición de sólidos calentados solo se puede realizar con una sonda de temperatura tipo “k”, la sonda de temperatura tipo “k” también se puede usar para medir la temperatura de un líquido.
- Después del experimento, limpie la superficie del equipo y el líquido interno, especialmente la parte de la sonda y mantenga regularmente el equipo para prolongar la vida útil.
- Evite caídas de los equipos de medición ya que son frágiles y perderá precisión o en tal caso se volverán obsoletos.
- No hacer uso del equipo si no está familiarizado con el funcionamiento.

- Antes de hacer uso del equipo haga un reconocimiento de los elementos que contiene el equipo.
- Después de usar el equipo desconectar la fuente de poder.
- Tener cuidado cuando el líquido llegue a su punto de ebullición, puede ocasionar salpicaduras del líquido y por ende quemaduras en los participantes.
- Está prohibido hacer uso del equipo con manos húmedas o mojadas por riesgo eléctrico.



PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- a) Los instrumentos de alta temperatura deben ser atendidos por una persona.
- b) Al calentar, no toque la superficie de la placa de calentamiento, enfríelo de forma natural de su uso y no lo toque cuando se enfríe.
- c) No sumerja el calentador eléctrico en agua u otros líquidos.
- d) Al usar, no coloque otros residuos a una distancia de 30 cm alrededor del calentador eléctrico para evitar el bloqueo y la ventilación.



PLAN DE MANTENIMIENTO

Para conservar el banco de medición de temperatura se debe realizar las siguientes tareas de mantenimiento.

- Verificar el encendido del indicador digital de temperatura con resistencia instalada Pt100 de 0-100°C.
- Verificar el encendido del indicador digital de termistor NTC de 20 -55°C.
- Verificar el encendido del indicador digital del termopar tipo K de 0-800°C
- Verificar el termómetro bimetalico de 0-200° C
- Verificar el termómetro de presión de gas de 0 – 200°C
- Verificar en termómetro de bulbo seco y húmedo
- Hacer limpieza de los instrumentos de medición después de cada prueba
- Es importante tener un buen cuidado de los instrumentos de medición en su utilización. Por ello verificar que los termómetros no estén golpeados.
- Evitar mediciones considerablemente mayores a su valor Nominal.
- Verificar los cables que no estén dañados.
- Verificar el encendido correcto del calentador.
- Verificar la taza medidora que no tenga ninguna fractura o fisura.

Si seguimos este plan de mantenimiento antes y después de cada prueba en el equipo nos aseguraremos el correcto funcionamiento y prolongaremos la vida útil del banco de medición de temperatura.

**ANEXO 1: GUÍA DE PRÁCTICA, RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL
BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.**



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	1 de 5

1. OBJETIVOS.

- Reconocer los componentes del banco de medición de temperatura y conocer los parámetros de utilización.
- Conocer el correcto funcionamiento de cada componente que esté instalado en el banco de medición.

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Registrar la temperatura es una de las tareas básicas en metrología. Los sensores de temperatura eléctricos son los más utilizados en aplicaciones de automatización, pero los tipos de termómetros convencionales todavía se aplican ampliamente en muchas áreas.

Este banco de medición de temperatura fue diseñado para aprender los fundamentos de la medición de temperatura mediante experimentación. Usando diversos métodos en sus áreas de aplicación y características especiales como los métodos eléctricos y no eléctricos

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	2 de 5

3. COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Tabla 31.

Componentes del banco de medición de temperatura.

	DESCRIPCIÓN
1	Termómetro PT100
2	Termómetro NTC
3	Termómetro tipo K
4	Termómetro de bulbo seco y húmedo
5	Termómetro bimetalico
6	Termómetro de presión
7	Resistencia de precisión 10 Ω
8	Resistencia de precisión 100 Ω
9	Resistencia de precisión 1000 Ω
10	Interruptor de potencia total
11	Taza de medición
12	Calentador eléctrico
13	Caja de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

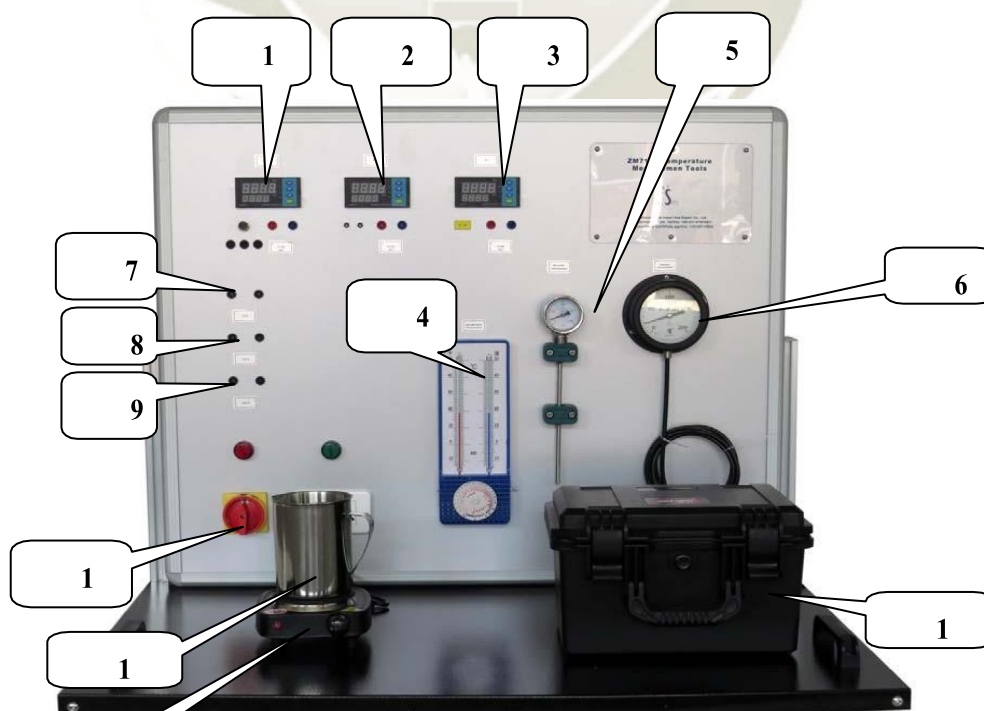


Figura 44. Diagrama de componentes de medición de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	3 de 5

a) Recursos utilizados

- Agua
- Arena
- Multímetro
- Fuente de alimentación 220V

b) Normas de seguridad del banco de medición de temperatura

- Antes de manipular el equipo lea las instrucciones de seguridad que están en el banco de medición.
- Manipule el equipo con protección personal, guantes y gafas aislantes.
- Si encuentra alguna anomalía al encendido del equipo avise inmediatamente al docente.
- Si observa si algún componente no está funcionando correctamente, gire el interruptor de potencia en posición “OFF”

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	4 de 5

c) Procedimiento de Instalación

- Para la realización de la practica en el equipo es necesario hacer la debida instalación de la fuente de poder al equipo, para esto tenemos que verificar que el interruptor de potencia este apagado.
- Una vez puesto en posición “ON” del interruptor todo el equipo se pondrá en funcionamiento tenemos que verificar si están funcionando correctamente los indicadores digitales con el multímetro verificar la señal de voltaje de salida proporcional a la temperatura de 0 a 10 V desde las tomas del equipo.



Figura 45. Procedimiento de Instalación
Fuente: Elaboración propia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	RECONOCIMIENTO DE COMPONENTES DEL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	5 de 5

4. INFORME DE CRITERIOS Y EVALUACIÓN

El informe será presentado al docente de manera escrita para los criterios de evaluación.

El informe de la práctica realizada en el banco de medición de temperatura debe incluir:

- Objetivo de la práctica

- Marco teórico
- Procedimiento
- Interpretación de la instalación
- Instrumentos
- Fotografías
- Conclusiones
- Bibliografía

Como criterios a evaluar del docente al alumno:

- La asistencia a la práctica el obligatoriamente presencial
- La puntualidad
- La disposición del alumno dentro de la práctica
- Realización del informe

BIBLIOGRAFÍA

Huancara Quispe, Edwin Herbert (2020). *Diseño de un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo fluidos de la escuela profesional de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María*. Perú, Universidad Católica de Santa María.



**ANEXO 2: GUÍA DE PRÁCTICA DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN
LÍQUIDO**



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	1 de 8

1. OBJETIVOS

- Aprender a utilizar los instrumentos de medición analógicos y digitales para la medición de temperatura de un líquido.
- Obtener conocimiento sobre cuáles son los instrumentos indicados para la medición de temperatura.
- Realizar comparaciones de sensibilidad y precisión entre los instrumentos a utilizar.

2. INSTRUMENTOS

- Multímetro
- Termómetro PT100
- Termómetro NTC
- Termómetro K
- Termómetro bimetálico
- Termómetro de presión
- Termómetro infrarrojo

- Indicador de temperatura digitales

3. MATERIALES

- Calentador eléctrico
- Taza de medición
- Líquido (agua)



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	2 de 8

4. INDICACIONES PREVIAS

- Antes de realizar la práctica siempre hacer la verificación visual de los instrumentos de medición

5. CONCEPTOS PREVIOS

- a) **Termómetro PT100:** Es un sensor de temperatura que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta la resistencia eléctrica.

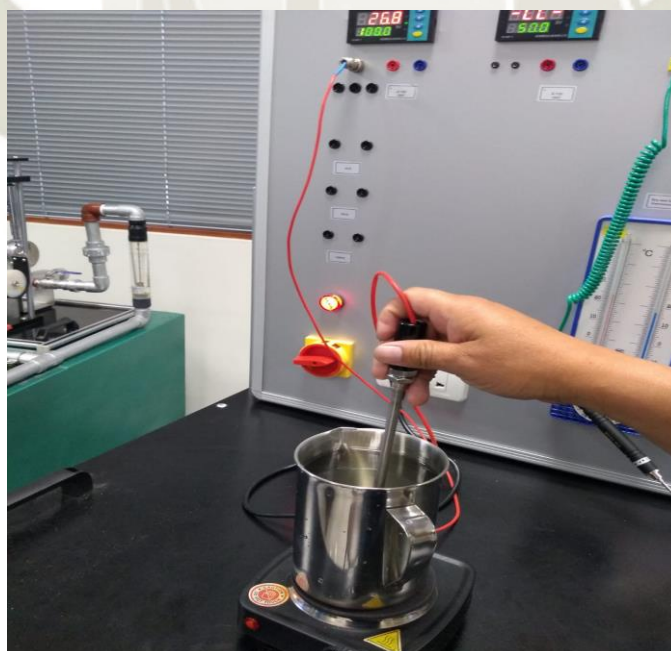


Figura 46. Termómetro PT100.

Fuente: elaboración propia.

- b) **Termómetro NTC:** Es una resistencia con coeficiente de temperatura negativa respecto a la variación de su resistencia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	3 de 8



Figura 47. Termómetro NTC.

Fuente: elaboración propia.

Termómetro K: Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura.



Figura 48. Termómetro K.
Fuente: Elaboración propia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	4 de 8

- c) **Termómetro bimetalico:** Es un instrumento utilizado para medir temperatura mediante la contracción y expansión de dos distintas aleaciones metálicas de alto y bajo coeficiente de dilatación.



Figura 49. Termómetro bimetalico.
Fuente: Elaboración propio.

- d) **Termómetro de presión:** Un termómetro por presión de gas consta de un elemento que mide la presión, como el tubo Bourdon conectado por un tubo capilar a una ampolla que se expone a la temperatura que se ha de medir.



Figura 50. Termómetro de presión
Fuente: Elaboración propia

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	5 de 8

- e) **Termómetro infrarrojo:** Convierte la energía en una señal eléctrica que se puede mostrar en unidades de temperatura después de ser compensada por la variación de la temperatura ambiente. Esta configuración facilita la medición de temperatura sin contacto con el objeto a medir.



Figura 51. Termómetro Infrarrojo
Fuente: Elaboración propia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	6 de 8

6. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

- Energizar el equipo, colocar en “ON” el interruptor de potencia hasta visualizar el indicador en verde.
- Energizar el calentador eléctrico y colocar la taza medidora con 1 litro de agua.
- Encienda la fuente de alimentación del calentador eléctrico y ajuste la potencia de calentamiento en cualquiera de sus 5 posiciones. Solo tendrá como opción una de las posiciones del calentador para hacer la práctica.
- Tener en cuenta que, debido a las diferentes características de varias sondas, las sondas de temperatura PT100 y NTC solo pueden medir la temperatura del líquido y no deben medir sólidos calentados. Las mediciones de sólidos calentados solo se pueden realizar con una sonda tipo K.
- La sonda de temperatura tipo K también se puede utilizar para medir la temperatura de un líquido.
- El sensor de temperatura tipo NTC está limitada en su rango de medición de temperatura y solo funciona en un rango nominal de 0°C a 55°C.
- Use también para medir la temperatura del líquido el termómetro bimetalico el termómetro de presión y termómetro infrarrojo.

- Use el cronometro para medir el tiempo, mida la temperatura cada 5 minutos, empezando desde el minuto cero hasta el minuto 20 y regístrelo.



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	7 de 8

Tabla 32.
Resultados en posición del calentador.

POSICIÓN DEL CALENTADOR:						
TIEMPO	PT 100	NTC	K	TERMÓMETRO BIMETÁLICO	TERMÓMETRO DE PRESIÓN	INFRARROJO
0 min °C						
5 min °C						
10 min °C						
15 min °C						
20 min °C						

Fuente: Elaboración propia.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- Compare la sensibilidad y la precisión de visualización de los diferentes termómetros

8. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE

- El error límite y la resolución se caracterizan directamente por los dispositivos de medición de temperatura. Su tamaño depende de los métodos de medición, sensores de temperatura, transmisores y sistemas de medición utilizados en los termómetros. Determinando la exactitud de los resultados, por ello es necesario determinar el valor de la incertidumbre de medición de la temperatura.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DEL LIQUIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	8 de 8

9. INFORME DE CRITERIOS Y EVALUACIÓN

El informe será presentado al docente de manera escrita para los criterios de evaluación.

El informe de la práctica realizada en el banco de medición de temperatura debe incluir:

- Objetivo de la práctica
- Marco teórico
- Procedimiento de la práctica
- Interpretación de los resultados
- Instrumentos
- Fotografías
- Cálculo de la incertidumbre
- Conclusiones
- Bibliografía

Como criterios a evaluar del docente al alumno:

- La asistencia a la práctica el obligatoriamente presencial
- La puntualidad
- La disposición del alumno dentro de la práctica
- Realización del informe



BIBLIOGRAFÍA

Huancara Quispe, Edwin Herbert (2020). *Diseño de un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo fluidos de la escuela profesional de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica de la universidad católica de santa maría.*



**ANEXO 3: GUÍA DE PRÁCTICA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN
SÓLIDO**

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	1 de 5

1 OBJETIVOS

- Aprender a utilizar los instrumentos de medición analógicos y digitales para la medición de temperatura de un sólido.
- Obtener conocimiento sobre cuáles son los instrumentos indicados para la medición de temperatura de un sólido.
- Obtener conocimiento del instrumento sus características y aplicaciones en la industria.

2 INSTRUMENTOS

- Multímetro
- Termopar tipo K
- Indicador de temperatura digital

3 MATERIALES

- Calentador eléctrico
- Taza de medición
- Solido (arena)

4 INDICACIONES PREVIAS

- Antes de realizar la práctica siempre hacer la verificación visual de los instrumentos de medición



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	2 de 5

5 CONCEPTOS PREVIOS

a) Termómetro tipo K: Es un sensor muy sofisticado que se emplea como sistema de medición para la temperatura. Para funcionar, dispone de una sonda termopar tipo k interna con un mecanismo basado en 2 metales que se unen entre sí mismos mediante un extremo. Cuando se detecta calor, o bien frío, se conseguirá un voltaje que indicará la variación que ha habido en la temperatura.

La principal particularidad del termopar tipo K es que está pensado para trabajar en una temperatura que oscila entre 200-1370°C. Aguantan muy bien la oxidación y el coste es más económico, por lo que es apto para todos los usos.

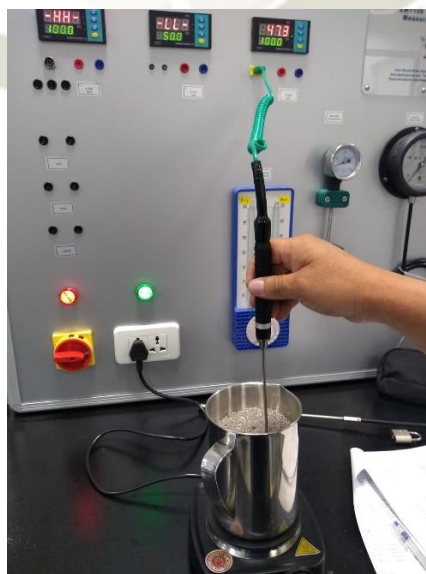


Figura 52. Termopar tipo K.
Fuente: Elaboración propia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	3 de 5

6 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

- Energizar el equipo, colocar en “ON” el interruptor de potencia hasta visualizar el indicador en verde.
- Energizar el calentador eléctrico y colocar la taza medidora con 1 litro de partículas sólidas.
- Encienda la fuente de alimentación del calentador eléctrico y ajuste la potencia de calentamiento en cualquiera de sus 5 posiciones. Solo tendrá como opción una de las posiciones del calentador para hacer la práctica.
- Para realizar esta práctica solo se utilizará la sonda de termopar tipo K.
- Las pruebas se realizarán en tres niveles diferentes, variando de tal forma el nivel de la sonda a profundidades a 10mm bajo ,55mm medio, 110mm alto.
- Use el cronometro para medir el tiempo, mida la temperatura cada 5 minutos, empezando desde el minuto cero hasta el minuto 20 y regístrelo.

K			
	ALTO	MEDIO	BAJO
0 min °C			
5 min °C			
10 min °C			
15 min °C			

20 min °C			
-----------	--	--	--



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	4 de 5

7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- Establezca un perfil de temperatura.
- Compare la sensibilidad y la precisión de visualización del termopar tipo k.

8 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE

- El error límite y la resolución se caracterizan directamente por los dispositivos de medición de temperatura. Su tamaño depende de los métodos de medición, sensores de temperatura, transmisores y sistemas de medición utilizados en los termómetros. Determinando la exactitud de los resultados, por ello es necesario determinar el valor de la incertidumbre de medición de la temperatura.

9 INFORME DE CRITERIOS Y EVALUACIÓN

El informe será presentado al docente de manera escrita para los criterios de evaluación.

El informe de la práctica realizada en el banco de medición de temperatura debe incluir:

- Objetivo de la práctica
- Marco teórico

- Procedimiento de la práctica
- Interpretación de los resultados



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE UN SÓLIDO EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	5 de 5

- Instrumentos
- Fotografías
- Cálculo de la incertidumbre
- Conclusiones
- Bibliografía

Como criterios a evaluar del docente al alumno:

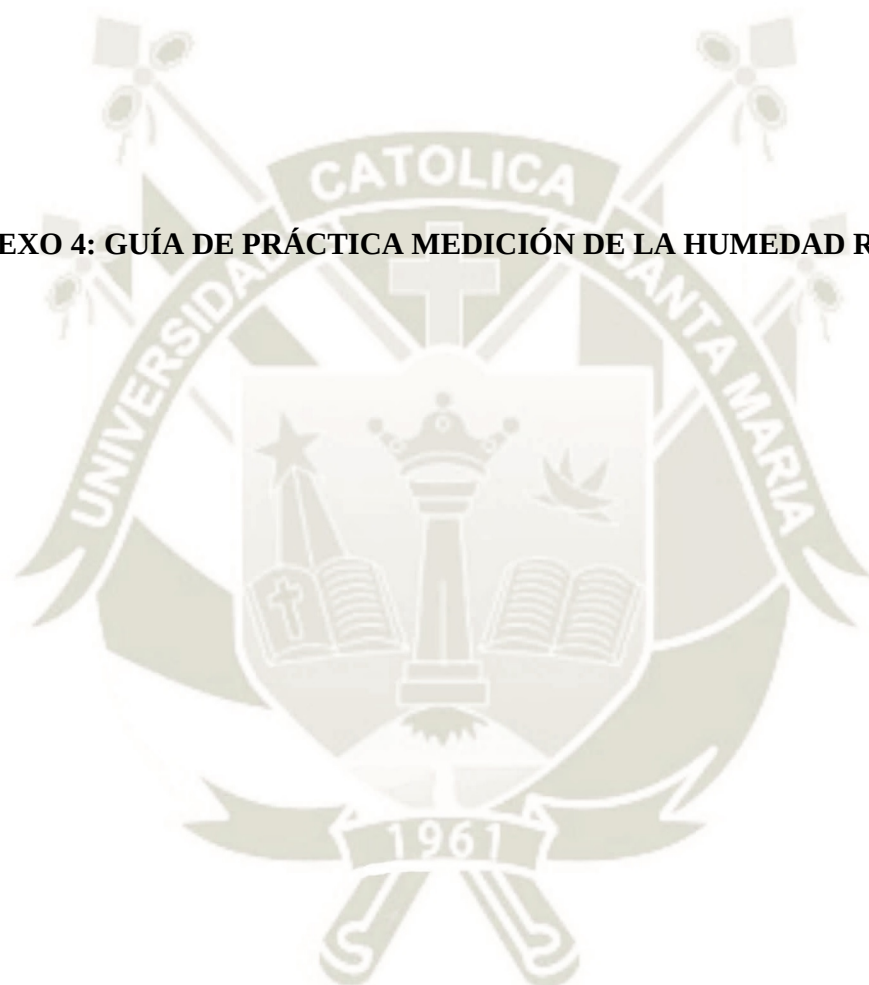
- La asistencia a la práctica el obligatoriamente presencial
- La puntualidad
- La disposición del alumno dentro de la práctica
- Realización del informe

BIBLIOGRAFÍA

Huancara Quispe, Edwin Herbert (2020). *Diseño de un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo fluidos de la escuela profesional de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica de la universidad católica de santa maría.*



ANEXO 4: GUÍA DE PRÁCTICA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	1 de 4

1 OBJETIVOS

- Aprender a utilizar el instrumento de medición (Psicrómetro de bulbo seco y húmedo).
- Obtener el porcentaje de la humedad relativa del aire.
- Realizar comparaciones de sensibilidad y precisión entre los instrumentos a utilizar.

2 INSTRUMENTOS

- Psicrómetro

3 MATERIALES

- Líquido (agua)

4 INDICACIONES PREVIAS

- Antes de realizar la práctica siempre hacer la verificación visual del instrumento.

5 CONCEPTOS PREVIOS

- El Psicrómetro está formado por dos termómetros; determina la humedad relativa midiendo la temperatura ambiente y la temperatura de una fuente de agua en evaporación. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	2 de 4

6 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

- Al usar el psicrómetro coloque a una altura de 1.2 a 1.5 metros del suelo.
- El termómetro de bulbo seco está expuesto al aire se llama bola seca esta medirá la temperatura del aire.
- El termómetro de bulbo húmedo tiene una gaza y esta se sumerge en agua, se observará que se mantiene húmedo por la acción capilar.

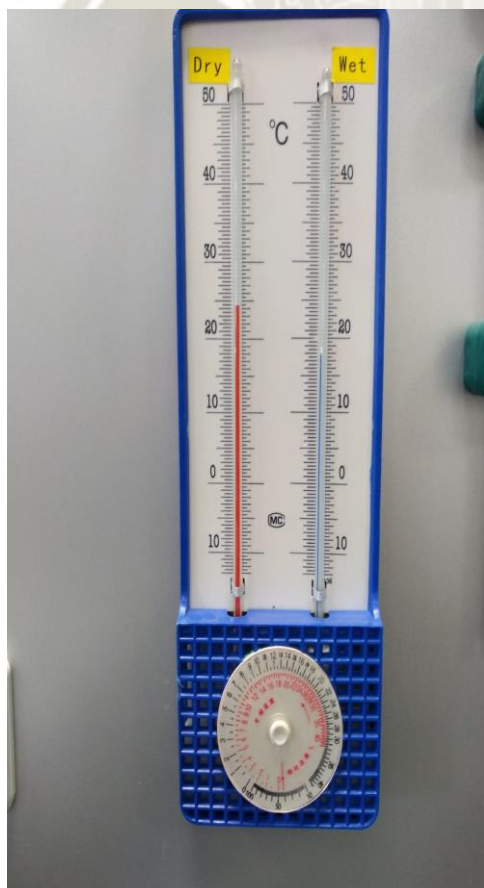


Figura 53. Uso del Psicrómetro de bulbo seco y húmedo

Fuente: Elaboración propia.

	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	3 de 4

7 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- Con los resultados de los termómetros de bulbo seco y húmedo, hacer el cálculo de la humedad relativa.
- Realice el cálculo mediante formula, carta psicrométrica y un software, para que nos permita comparar los resultados.

8 INFORME DE CRITERIOS Y EVALUACIÓN

El informe será presentado al docente de manera escrita para los criterios de evaluación.

El informe de la práctica realizada con el Psicrómetro debe incluir:

- Objetivo de la práctica
- Marco teórico
- Procedimiento de la práctica
- Interpretación de los resultados
- Instrumentos
- Fotografías

- Carta Psicométrica
- Conclusiones
- Bibliografía



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	FECHA:
	GUÍA DE LABORATORIO	PAGINA
	MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA EN EL BANCO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA	4 de 4

Como criterios a evaluar del docente al alumno:

- La asistencia a la práctica el obligatoriamente presencial
- La puntualidad
- La disposición del alumno dentro de la práctica
- Realización del informe

BIBLIOGRAFÍA

Huancara Quispe, Edwin Herbert (2020). *Diseño de un banco de medición de temperatura para el laboratorio de termo fluidos de la escuela profesional de ingeniería mecánica, mecánica eléctrica y mecatrónica de la universidad católica de santa m*

