



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®
Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**"Estimación de incertidumbre en procesos
de metrología a través de un tablero de
control para la empresa Metrología y
Suministros de Veracruz S. A. de C. V."**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

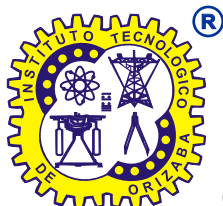
I.S.C. Pablo Báez Castillo

DIRECTOR DE TESIS:

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández

CODIRECTOR DE TESIS:

M.C.I.I. María Isabel Córdova Ovando



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

SEPTIEMBRE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **13/junio/2025**
Dependencia: **División de Estudios de**
Posgrado e Investigación
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

C. PABLO BÁEZ CASTILLO
CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:
SISTEMAS COMPUTACIONALES
P R E S E N T E.-

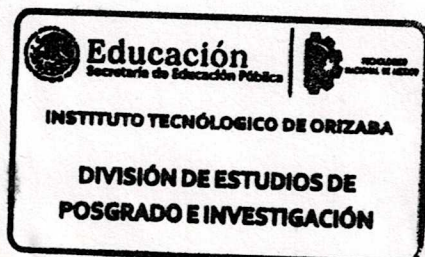
De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

" Estimación de incertidumbre en procesos de metrología a través de un tablero de control para la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V."

comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DRA. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



OG-13-F06



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **04/marzo/2025**
Asunto: **Revisión de trabajo escrito**

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

PABLO BÁEZ CASTILLO

La cual lleva el título de:

Estimación de incertidumbre en procesos de metrología a través de un tablero de control para la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V.

Y concluyen que se acepta.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: M.S.C. LUIS ÁNGEL REYES HERNÁNDEZ


FIRMA

SECRETARIO: M.C.E. BEATRIZ ALEJANDRA OLIVARES ZEPAHUA


FIRMA

VOCAL: M.R.T. IGNACIO LÓPEZ MARTÍNEZ


FIRMA

VOCAL SUP.: M.C.I.I. MARÍA ISABEL CÓRDOVA OVANDO


FIRMA

TA-09-18



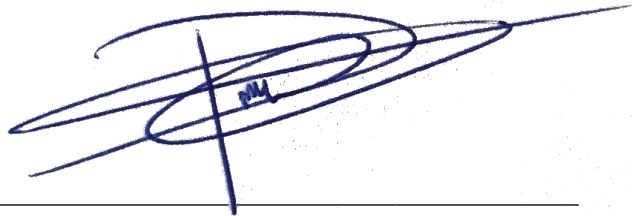
2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



CARTA DE ORIGINALIDAD

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día 27 del mes de agosto del año 2025, el (la) que suscribe **Pablo Báez Castillo**, alumno (a) del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales** con número de control **M17010193**, manifiesta que es autor (a) del trabajo de tesis titulado “**Estimación de incertidumbre en procesos de metrología a través de un tablero de control para la empresa METROLOGÍA Y SUMINISTROS DE VERACRUZ S.A. DE C.V.**” y declara que el trabajo es original, ya que su contenido es producto de su directa contribución intelectual. Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, se tienen las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, se hace responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba.

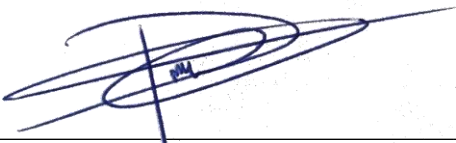


Pablo Báez Castillo

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día 27 del mes de agosto del año 2025, el (la) que suscribe **Pablo Báez Castillo** alumnos del programa de **Maestría en Sistemas Computacionales** con número de control **M17010193**, manifiesta que es autor intelectual del trabajo de tesis bajo la dirección del **M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández** y ceden los derechos del trabajo intitulado **“Estimación de incertidumbre en procesos de metrología a través de un tablero de control para la empresa METROLOGÍA Y SUMINISTROS DE VERACRUZ S.A. DE C.V.”** al TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: msc@orizaba.tecm.mx . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Pablo Báez Castillo

Agradecimientos.

Agradezco a Dios, quien me ha dado la fuerza necesaria, la sabiduría precisa y la perseverancia suficiente, no solo en este proceso de maestría, sino desde mis inicios como estudiante de licenciatura. De igual manera, agradezco a mis padres Adriana y Pablo, por el apoyo incondicional de todo tipo que me han brindado, estoy seguro que sin el esfuerzo ni el apoyo de ellos, hoy no sería el profesionista que soy. Les agradezco por estar a mi lado, apoyándome en los momentos en donde quizás sentía que me rendía y por darme esos consejos llenos de sabiduría. También quiero dedicar unas palabras especiales al amor de mi vida, que ha estado conmigo desde que culminé mi licenciatura y ha compartido conmigo todos estos años de incertidumbre, pero gracias a su apoyo, su cariño y su amor, he logrado salir adelante en los momentos de adversidad. Y estoy más que convencido que fue, es y será mi gran compañera de vida.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los profesores y profesoras que fueron parte de mi proceso como estudiante de maestría. Su experiencia, sus conocimientos, la orientación que me dieron y la dedicación que tienen a su profesión, fueron parte fundamental de mi formación académica y en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández, quien más allá de simplemente orientarme en lo académico, también me orientó en lo personal, cuando hubo adversidades y situaciones complejas, fue una persona que me brindó su apoyo. A la maestra María Isabel Córdova Ovando, quien, gracias a su colaboración con el Instituto Tecnológico de Orizaba, se realizó la tesis en su empresa y siempre ha tenido una actitud de colaborar, apoyar y entender.

Finalmente, agradezco al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico otorgado y al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por dar soporte a esta investigación.

Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	viii
Introducción.....	1
Capítulo 1. Antecedentes	2
1.1 Marco teórico	2
1.1.1 <i>Dashboard</i>	2
1.1.2 Metrología	2
1.1.3 Metrología 4.0	3
1.1.4 Metrología química.....	4
1.1.5 Inteligencia artificial	4
1.1.7 Proceso KDD	4
1.1.8 Algoritmos de Regresión	5
1.1.9 Algoritmo de Regresión Lineal	5
1.1.10 Algoritmo de Regresión Polinomial	5
1.1.11 Algoritmo de Árboles de Regresión.....	5
1.1.12 Lenguajes de programación	6
1.1.13 Estimación de incertidumbre	6
1.1.14 Gestores de bases de datos	6
1.1.15 Entornos de desarrollo	6
1.1.16 Modelo Vista Controlador MVC.....	7
1.2 Planteamiento del problema	7
1.3 Objetivo general y específicos	8
1.3.1 Objetivo general	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 Justificación	8
Capítulo 2. Estado de la práctica.....	11
2.1 Trabajos relacionados.....	11
2.2 Análisis comparativo	20
2.3 Propuesta de solución	24
2.3.1 PHP	25

2.3.2 Visual Studio Code	25
2.3.3 MySQL.....	25
2.3.4 Algoritmo árboles de regresión	26
2.3.5 UWE	26
2.3.6 Laravel	26
Capítulo 3. Aplicación de la metodología	27
3.1 Modelo de requisitos.....	27
3.1.1 Análisis de requisitos.....	27
3.1.2 Diagramas de actividades	29
3.2 Modelo de dominio	36
3.2.1 Diagrama de clases.....	36
3.3 Modelo de navegación.....	37
3.4 Modelo de presentación.....	38
3.5 Modelo de procesos.....	44
3.6 Actividades Complementarias	45
3.6.1 Arquitectura.....	46
3.6.2 Estructura de la base de datos.....	47
3.6.3 Algoritmos de regresión	48
3.6.3.1 Extracción de datos	48
3.6.3.2 Tipos de algoritmos de regresión.....	52
3.6.3.3 Elección y comprobación de algoritmo	53
3.7 Desarrollo de la aplicación web	55
3.7.1 <i>Dashboard</i>	55
3.7.2 Toma de datos de termómetro de lectura directa.....	58
3.7.3 Toma de datos de termómetro de líquido en vidrio.	59
3.7.4 Fórmulas de incertidumbre de termómetros de lectura directa	60
3.7.5 Fórmulas de incertidumbre de termómetros de líquido en vidrio.....	62
Capítulo 4. Resultados	66
4.1 Resultados de las fórmulas.....	66
4.1.1 Calibración de termómetro de lectura directa.....	66
4.1.1.1 Toma de datos.....	66

4.1.1.2 Resultados de las fórmulas de termómetro de lectura directa.....	69
4.1.1.3 Certificado	70
4.1.2 Calibración de termómetro de líquido en vidrio.....	74
4.1.2.1 Toma de datos.....	75
4.1.2.2 Resultados de las fórmulas de termómetro de líquido en vidrio.	77
4.1.2.3 Certificado	78
4.2 Resultados del algoritmo de regresión	84
4.2.1 Usabilidad del algoritmo en el <i>dashboard</i>	84
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....	87
5.1 Conclusiones.	87
5.2 Recomendaciones	87
Bibliografía.	89

Índice de tablas.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados	20
Tabla 2.2 Solución propuesta.....	25
Tabla 4.1 Resultados de fórmulas de termómetro de lectura directa.	69
Tabla 4.2 Resultados de fórmulas de termómetro de líquido en vidrio.....	77

Índice de figuras

Figura 1.1 Representación gráfica de Metrología [3].....	3
Figura 3.1 Diagrama de casos de uso de la aplicación web	28
Figura 3.2 Diagrama de actividades de caso de uso “Iniciar sesión”	29
Figura 3.3 Diagrama de actividades de caso de uso “Seleccionar tipo de calibración”	30
Figura 3.4 Diagrama de actividades de caso de uso “Llenar toma de datos”	31
Figura 3.5 Diagrama de actividades del caso de uso “Modificar toma de datos”	32
Figura 3.6 Diagrama de actividades del caso de uso “Eliminar toma de datos”	33
Figura 3.7 Diagrama de actividades del caso de uso “Descargar certificado”	33
Figura 3.8 Diagrama de actividades del caso de uso “Consultar certificado”	34
Figura 3.9 Diagrama de actividades del caso de uso “Consultar toma de datos”	35
Figura 3.10 Diagrama de actividades del caso de uso “Predecir lectura”	36
Figura 3.11 Diagrama de clases.....	37
Figura 3.12 Diagrama de navegación del sistema.	38
Figura 3.13 <i>Mockup</i> de <i>Login</i>	39
Figura 3.14 <i>Mockup</i> del <i>dashboard</i>	39
Figura 3.15 <i>Mockup</i> de consultar toma de datos.....	40
Figura 3.16 <i>Mockup</i> de consultar certificados	40
Figura 3.17 <i>Mockup</i> de toma de datos de termómetro de lectura directa.	41
Figura 3.18 <i>Mockup</i> de toma de datos de termómetro de líquido en vidrio.	42
Figura 3.19 <i>Mockup</i> del certificado generado para TLD y TLV	43
Figura 3.20 <i>Mockup</i> de predecir lectura.	44
Figura 3.21 Diagrama de actividades del caso “predecir lectura”	44
Figura 3.22 Diagrama de actividades para el caso “calcular incertidumbre”.	45
Figura 3.23 Diagrama de actividades para el caso “consultar toma de datos”.	45
Figura 3.24 Arquitectura de la aplicación web.....	46
Figura 3.25 Diseño de la base de datos del instrumento patrón	47
Figura 3.26 Diseño de la base de datos de los instrumentos a calibrar	¡Error!

Marcador no definido.

Figura 3.27 Script en Python para extraer datos de TLD	49
Figura 3.28 script en Python para extraer datos de TLV.	50
Figura 3.29 Conjunto de datos de TLD.	50
Figura 3.30 Conjunto de datos de TLV.....	51
Figura 3.31 Gráfica X, Y.....	51
Figura 3.32 Regresión lineal.....	52
Figura 3.33 Regresión polinómica.....	52
Figura 3.34 árboles de regresión.....	53
Figura 3.35 Modelo vs datos de entrenamiento.	54
Figura 3.36 Modelo 2 vs datos de entrenamiento.	55
Figura 3.37 <i>Dashboard</i>	56
Figura 3.38 Código de consulta de datos de graficas.	56
Figura 3.39 Conexión con script de Python.....	57
Figura 3.40 Script en Python.....	57
Figura 3.41 Primera parte de toma de datos TLD.	58
Figura 3.42 Segunda parte de toma de datos TLD.	58
Figura 3.43 Tercera parte de toma de datos de TLD.	59
Figura 3.44. Segunda parte de toma de datos de TLV.....	59
Figura 3.45 Fórmulas parte 1	60
Figura 3.46 Fórmulas parte 2	60
Figura 3.47 Fórmulas parte 3	61
Figura 3.48 Fórmula parte 4.....	61
Figura 3.49 Fórmulas de TLV parte 1.....	62
Figura 3.50 Fórmulas de TLV parte 2.....	62
Figura 3.51 Fórmulas de TLV parte 3.....	63
Figura 3.52 Fórmulas de TLV parte 4.....	63
Figura 3.53 Fórmulas de TLV parte 5.....	64
Figura 3.54 Fórmulas de TLV parte 6.....	64
Figura 3.55 Fórmulas de TLV parte 7.....	65
Figura 4.1 Sección de datos de cliente e instrumento de TLD.	67

Figura 4.2 Sección de mediciones de TLD.....	67
Figura 4.3 Sección de mediciones de TLD.....	68
Figura 4.4 Sección de condiciones ambientales de TLD.....	68
Figura 4.5 Primera parte de certificado de calibración de TLD.....	70
Figura 4.6 Segunda parte de certificado de calibración de TLD.....	71
Figura 4.7 Tercera parte de certificado de calibración de TLD.....	71
Figura 4.8 Tercera parte del certificado de calibración de TLD aplicando un botón inactivo.	72
Figura 4.9 Primera página del certificado en PDF.....	73
Figura 4.10 Segunda página del certificado PDF.	74
Figura 4.11 Sección de datos de cliente e instrumento de TLV.	75
Figura 4.12 Sección de mediciones de TLV.....	76
Figura 4.13 Sección de condiciones ambientales de TLV.....	76
Figura 4.14 Primera parte de certificado de TLV.....	78
Figura 4.15 Segunda parte de certificado de TLV.....	79
Figura 4.16 Tercera parte de certificado de TLV.....	80
Figura 4.17 Cuarta parte de certificado de TLV.....	81
Figura 4.18 Primera página del certificado de TLV en PDF.	82
Figura 4.19 Segunda página del certificado de TLV en PDF.	83
Figura 4.20 Sección del algoritmo en el <i>dashboard</i>	84
Figura 4.21 Ejemplo 1 de predicción de valores.....	85
Figura 4.22 Ejemplo 2 de predicción de valores.....	85

Resumen

La empresa METROLOGÍA Y SUMINISTROS DE VERACRUZ S.A. DE C.V. enfrenta un desafío significativo en su proceso de calibración de instrumentos, dado que actualmente depende en gran medida de complejos documentos de Excel para realizar cálculos de incertidumbre. Esta metodología hoy en día es ineficiente y propensa a errores, lo que ha impactado negativamente en la calidad y la eficiencia del trabajo.

Para abordar esta problemática, se propone el desarrollo de una aplicación web personalizada que integre los cálculos necesarios una vez que los datos de los instrumentos son introducidos. Esta solución proporcionará una plataforma centralizada y automatizada que mejorará significativamente la precisión y la eficiencia del proceso de calibración. Además, se tiene previsto implementar un *dashboard* haciendo uso de inteligencia artificial, donde se empleará un algoritmo de regresión para predecir las lecturas del instrumento patrón que utilizan. Esta aplicación con inteligencia artificial facilitará la detección de posibles anomalías al analizar las futuras lecturas del instrumento patrón y tomar decisiones con respecto al mismo, ya que de este instrumento patrón dependen las calibraciones de los instrumentos de los clientes.

La implementación de esta solución conlleva una serie de beneficios clave para la empresa. En primer lugar, logrará un considerable ahorro de tiempo al automatizar gran parte del proceso, lo que permitirá a los empleados concentrarse en tareas más estratégicas. Asimismo, el flujo de trabajo mejorará considerablemente, reduciendo la posibilidad de errores humanos y simplificando la gestión de datos. Además, se anticipa una mejora sustancial en la precisión de los cálculos, lo que resultará en una mayor confianza por parte de los clientes en los servicios de la empresa. En última instancia, este enfoque innovador permitirá ofrecer un servicio más ágil y personalizado, fortaleciendo la posición competitiva de la empresa en el mercado de la calibración de instrumentos.

Introducción

La calibración precisa de instrumentos desempeña un papel fundamental en una amplia gama de industrias, garantizando la exactitud y confiabilidad de las mediciones. En este contexto, la empresa METROLOGÍA Y SUMINISTROS DE VERACRUZ S.A DE C.V. se destaca por su dedicación a proporcionar servicios de calibración de alta calidad. Sin embargo, la dependencia actual de complicados documentos de Excel para realizar cálculos de incertidumbre plantea un desafío significativo en términos de eficiencia y precisión.

La problemática se centra en las características de los procesos de calibración que requieren un manejo preciso de la incertidumbre, a menudo representada por una serie de cálculos complejos y detallados. Además, la población objetivo de esta solución abarca a los profesionales y técnicos dedicados a calibrar los instrumentos en los laboratorios de la empresa, así como a las industrias que dependen críticamente de mediciones precisas para su funcionamiento eficaz.

El presente trabajo se encuentra dividido en 5 capítulos: en el primer capítulo se presenta el marco teórico, el planteamiento del problema, el objetivo general y específicos, y la justificación; en el capítulo dos se presenta el estado de la práctica y el análisis comparativo; en el capítulo tres se describe la propuesta de solución, la descripción de la solución, el análisis de las tecnologías de la información, el cronograma de actividades y los entregables propuestos. En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos. Por último, se presentan las conclusiones y referencias del trabajo.

Capítulo 1. Antecedentes

En este capítulo, se describen términos relevantes que conforman este proyecto, las cuales representan la base para el desarrollo de este. También se describe la problemática a resolver, el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir, así como la justificación de lo que se realizará para dar solución a la problemática planteada.

1.1 Marco teórico

A continuación, se definen algunos términos relacionados con el proyecto de investigación.

1.1.1 *Dashboard*

Un *Dashboard* o también conocido como panel de control, es una interfaz gráfica que proporciona una vista resumida de datos, métricas o información en tiempo real. Suele presentarse en forma de tablero o panel con *widgets*, gráficos y estadísticas que permiten a los usuarios monitorear y tomar decisiones basadas en datos de manera eficiente [1].

Los *dashboards* se utilizan en una variedad de contextos, como negocios, tecnología y análisis de datos, para proporcionar una visión general de información clave de manera fácilmente accesible.

Para generar un *Dashboard* se utilizan datos sin procesar y se convierten en información utilizable para los usuarios encargados de tomar decisiones dentro del contexto que se está utilizando.

1.1.2 Metrología

La metrología se define como la ciencia que se ocupa de las mediciones y su aplicación práctica. Esta disciplina es esencial en el ámbito de la calidad, ya que garantiza la precisión de las mediciones realizadas. Su función principal radica en establecer criterios de medición, así como en elaborar métodos y procedimientos de medición altamente precisos. En la figura 1.1 se muestra una representación gráfica de metrología, en la cual se hay diversas imágenes de instrumentos o herramientas para

realizar diversas mediciones, la razón de esta colección de imágenes se debe a que la metrología abarca todas las áreas en las cuales se lleven a cabo mediciones.

La metrología desempeña un papel crucial en la sociedad moderna, ya que permite la estandarización de las mediciones y, por lo tanto, la comparación y el intercambio de datos a nivel global. Además, contribuye a la mejora de la calidad de los productos y servicios, la seguridad en diversas industrias y la toma de decisiones informadas basadas en datos precisos y confiables[2].

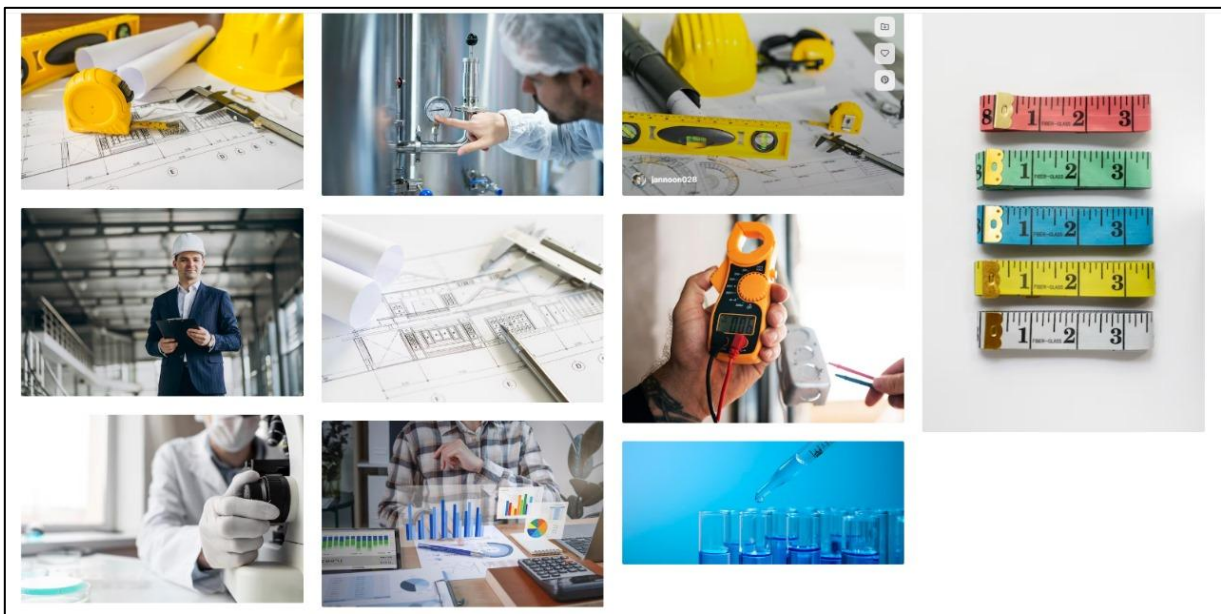


Figura 1.1 Representación gráfica de Metrología [3]

1.1.3 Metrología 4.0

La metrología 4.0 se refiere a la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en el campo de la metrología. La industria 4.0, es una revolución industrial que involucra la digitalización, la automatización, el internet de las cosas y la inteligencia artificial, la robótica y la realidad aumentada [4].

La metrología 4.0 busca modernizar y mejorar los procesos de medición y aseguramiento de la calidad mediante el uso de tecnologías digitales y datos en tiempo real.

1.1.4 Metrología química

La metrología química es una rama de la metrología que se enfoca en la medición de cantidades químicas y la estandarización de las mediciones en el campo de la química.

La metrología química se basa en la utilización de estándares de referencia y procedimientos de calibración para garantizar la trazabilidad de las mediciones químicas. Por consiguiente, la trazabilidad de las mediciones químicas hasta estándares internacionalmente reconocidos asegura la coherencia y la confiabilidad de las mediciones en todo el mundo [5].

1.1.5 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial, se refiere a la simulación de procesos de inteligencia humana mediante la programación de algoritmos en sistemas informáticos. Estos algoritmos permiten a las máquinas realizar tareas que normalmente requieren la inteligencia humana, como el aprendizaje, la percepción, el razonamiento y la toma de decisiones. Existen diferentes enfoques para desarrollar la inteligencia artificial, como sistemas basados en reglas, redes neuronales y algoritmos genéticos [6].

Aunque hay muchos ámbitos diferentes para desarrollar la inteligencia artificial, todos tienen como objetivo crear sistemas que aprendan, razonen, y tomen decisiones de manera autónoma.

1.1.7 Proceso KDD

El proceso KDD, que significa "Knowledge Discovery in Databases" (Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos), es un enfoque sistemático para extraer conocimiento útil y significativo a partir de grandes conjuntos de datos [7]. El proceso KDD consta de varias etapas interrelacionadas, y la minería de datos es solo una de estas etapas. Aquí están las fases básicas del proceso KDD:

1. Selección de datos
2. Preprocesamiento de datos
3. Transformación de datos
4. Minería de datos

5. Evaluación de patrones
6. Presentación de conocimiento
7. Acción

1.1.8 Algoritmos de Regresión

Los algoritmos de regresión son una herramienta fundamental en el ámbito del aprendizaje automático supervisado. Su objetivo es encontrar una relación matemática entre un conjunto de variables independientes y una variable dependiente [8].

En otras palabras, los algoritmos de regresión nos ayudan a comprender cómo las variables independientes influyen en la variable objetivo o dependiente.

1.1.9 Algoritmo de Regresión Lineal

El algoritmo de regresión lineal es uno de los algoritmos de aprendizaje automático supervisado más simples y utilizados. Su objetivo es encontrar una relación lineal entre una variable dependiente y una o más variables independientes [8]. Esta relación se expresa en forma de una ecuación lineal, que permite predecir el valor de la variable dependiente para nuevos datos.

1.1.10 Algoritmo de Regresión Polinomial

El algoritmo de regresión polinomial es un tipo de regresión lineal que se utiliza para modelar relaciones no lineales entre una variable dependiente y una o más variables independientes [8]. A diferencia de la regresión lineal que supone una relación lineal entre las variables, la regresión polinomial permite capturar curvas en los datos.

1.1.11 Algoritmo de Árboles de Regresión

Los árboles de regresión son un tipo de modelo de regresión no lineal que se basa en la estructura de un árbol de decisiones. A diferencia de los modelos lineales que asumen una relación lineal entre las variables independientes y la variable dependiente, los árboles de regresión dividen el espacio de características en regiones rectangulares y predicen un valor constante para cada región [9].

1.1.12 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación son conjuntos de reglas y sintaxis utilizados para escribir programas informáticos. Estos lenguajes permiten a los programadores comunicarse con las computadoras, dando instrucciones específicas sobre cómo realizar tareas y resolver problemas. Cada lenguaje de programación tiene su propia sintaxis y conjunto de reglas, y se elige según el tipo de tarea que se desea realizar y las preferencias del programador [10].

1.1.13 Estimación de incertidumbre

La estimación de la incertidumbre se refiere al proceso de cuantificar la falta de certeza o la variabilidad asociada con una medición o resultado en el contexto de la metrología y la ciencia de la medición. Es una parte fundamental de cualquier medición precisa y se utiliza para expresar la confiabilidad de los resultados de una medición. La estimación de la incertidumbre se basa en la evaluación de todos los factores que contribuyen a la falta de precisión en una medición, incluyendo errores sistemáticos y aleatorios [11].

1.1.14 Gestores de bases de datos

Los gestores de bases de datos (DBMS) son programas informáticos diseñados para facilitar la administración y utilización eficiente de bases de datos. Actúan como interfaces entre usuarios o aplicaciones y las bases de datos, permitiendo la creación, acceso, gestión y actualización de datos de manera segura y organizada. Sus funciones abarcan desde el almacenamiento y organización de datos hasta la ejecución de consultas, garantizando la integridad de los datos, la seguridad del acceso, la recuperación y respaldo de información, la gestión de la concurrencia y la escalabilidad del sistema [12].

1.1.15 Entornos de desarrollo

Los entornos de desarrollo, también conocidos como IDE (por sus siglas en inglés, Integrated Development Environment), son herramientas que proporcionan un conjunto integrado de características y servicios para facilitar el desarrollo de software. Estos entornos están diseñados para aumentar la productividad de los programadores

al ofrecer una interfaz unificada que incluye diversas herramientas y servicios necesarios para escribir, probar y depurar código [13].

1.1.16 Modelo Vista Controlador MVC

MVC se refiere a "Modelo Vista Controlador", un patrón arquitectónico utilizado comúnmente en el diseño de software para separar y organizar los componentes de una aplicación. Este patrón ayuda a estructurar el código de manera más modular y facilita la escalabilidad y el mantenimiento del software [14].

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V se especializa en la calibración de instrumentos químicos, un proceso fundamental para medir la incertidumbre asociada a estos dispositivos. Este procedimiento se lleva a cabo mediante el uso de documentos de Excel que contienen fórmulas y cálculos específicos diseñados para evaluar la incertidumbre de manera precisa.

Por otro lado, investigadores mencionan [4] que la metrología 4.0 utiliza tecnologías avanzadas tales como: inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT), entre otras, esto con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos en las industrias que están relacionadas con la metrología. Por lo cual se identificó la necesidad de mejorar y optimizar este proceso. En este contexto, se plantea el siguiente problema:

La empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V requiere una solución tecnológica que permita la captura eficiente de las lecturas relacionadas con los instrumentos químicos y, a partir de estos datos, genere automáticamente los cálculos de incertidumbre. Como parte de la estimación de incertidumbre, la empresa utiliza un instrumento patrón, con el cual se realizan las lecturas que posteriormente se utilizan en las fórmulas. El instrumento patrón se calibra cada cierto tiempo, y durante el tiempo que se está utilizando existe la posibilidad de que muestre una lectura errónea, es por eso que también requieren que en la solución tecnológica se incluya un módulo donde introduzcan un número y les muestre la posible lectura del instrumento patrón.

Tomando en cuenta lo anterior, surge la necesidad de agilizar y mejorar la precisión del proceso de calibración, así como de contar con una herramienta de análisis que permita a la empresa tomar decisiones más fundamentadas sobre si la calibración es correcta en cuanto a la incertidumbre de los instrumentos químicos calibrados. La implementación de un software con estas características reducirá el tiempo empleado en la calibración, minimizará posibles errores humanos en los cálculos y mejorará la confiabilidad de los resultados, lo que a su vez contribuye a un servicio de mayor calidad y precisión para sus clientes.

1.3 Objetivo general y específicos

En esta sección se muestra el objetivo general y los objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación web para la estimación de incertidumbre en procesos de metrología a través de un tablero de control para la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V. que permita procesar la información con algoritmos de inteligencia artificial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar aplicaciones relacionados con metrología y *dashboards* que aborden la estimación de incertidumbre para identificar las áreas de mejora.
- Definir una arquitectura para el procesamiento de los datos.
- Obtener los datos para el procesamiento.
- Desarrollar la aplicación web para el soporte al procesamiento de datos.
- Realizar las pruebas para validar los resultados obtenidos.

1.4 Justificación

La calibración de instrumentos químicos es una actividad crítica en numerosas industrias, ya que garantiza la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas. La incertidumbre asociada a estas mediciones es un componente esencial en la evaluación de la calidad de los resultados y, por ende, tiene un impacto directo en la toma de decisiones, la seguridad y la conformidad con normativas y estándares. En

este contexto, la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V desempeña un papel fundamental al ofrecer servicios de calibración de alta calidad.

Sin embargo, el proceso actual de calibración, basado en hojas de cálculo de Excel y cálculos manuales, presenta limitaciones significativas. Estas limitaciones incluyen la posibilidad de errores humanos en los cálculos, la demanda de tiempo y recursos considerables, y la falta de capacidad para analizar la precisión de la incertidumbre generada. Para abordar estos desafíos, se propone el desarrollo de una aplicación web para calcular la incertidumbre de los instrumentos y que integre un *Dashboard* con algoritmos de inteligencia artificial para predecir las lecturas del instrumento patrón para analizar cuándo les dará una mala lectura.

La justificación de este proyecto se basa en los siguientes puntos:

1. **Mejora de la eficiencia:** la implementación de una aplicación web permitirá una entrada más eficiente de datos, reduciendo la carga de trabajo manual y agilizando el proceso de calibración. Esto se traducirá en un ahorro de tiempo significativo y la capacidad de manejar un mayor volumen de instrumentos.
2. **Análisis avanzado:** el *Dashboard* con capacidades de inteligencia artificial permitirá a la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V. evaluar la precisión del instrumento patrón, lo que significa corroborar el correcto cálculo de incertidumbre de los demás instrumentos, ya que una mala lectura del equipo patrón significa un posible mal cálculo.
3. **Competitividad:** la adopción de esta tecnología avanzada posicionará a la empresa como líder en el campo de la metrología, lo que se traduce en una ventaja competitiva significativa al ofrecer servicios de calibración de mayor calidad y confiabilidad a sus clientes.

Finalmente, la implementación de esta aplicación web y el *Dashboard* con inteligencia artificial abordan de manera efectiva las deficiencias identificadas en el proceso de calibración actual. Como parte integral de la solución de inteligencia artificial, se empleará la minería de datos y algoritmos avanzados, incluyendo algoritmos de

regresión, ya que, al ser datos numéricos, son los más adecuados. Estos algoritmos permitirán a la empresa Metrología y Suministros de Veracruz S.A de C.V ofrecer servicios de calibración más eficientes, precisos y competitivos. Esta estrategia innovadora justifica plenamente la viabilidad de este proyecto.

Capítulo 2. Estado de la práctica

En este capítulo, se presenta el estado de la práctica, es decir, una recopilación de trabajos relacionados con el proyecto de tesis, con el fin de obtener información relevante y adquirir conocimiento acerca de los enfoques del proyecto de tesis, posteriormente se hace una síntesis por medio de una tabla y por último se concluye con los hallazgos obtenidos del análisis comparativo de los trabajos relacionados.

2.1 Trabajos relacionados

El artículo [15] abordó la problemática que se presentó en los últimos años debido a sucesos que se han venido presentando con varias contrataciones en el sector público. Se buscaron patrones que ayuden a determinar comportamientos por fuera de lo común que se presentan en la actualidad en Colombia mediante el análisis de diversos conjuntos de datos de contratos suministrados por datos abiertos con un enfoque en SECOP. Se realizó un desarrollo progresivo de diferentes etapas que comprende desde la recopilación bibliográfica hasta el procesamiento de los datos extraídos desde datos abiertos, la elaboración de un modelo de minería de datos, análisis de los resultados y publicación en un *dashboard*. Para la realización de todas las etapas se utilizó la metodología CRISP-DM con el fin de obtener valor en los datos suministrados. Como resultado del análisis se encontró relación entre algunas regiones del país, el tipo de proceso de contratación, días de ejecución y el plazo de ejecución del contrato.

El artículo [16] abordó el problema de cómo medir y mejorar las condiciones de habitabilidad en las ciudades, un tema de gran importancia en la actualidad debido al rápido crecimiento de la población urbana y los desafíos que esto plantea. Para abordar este problema, se propuso un método sistemático de monitoreo y actualización de los indicadores clave de desempeño o KPI, que son herramientas útiles para evaluar el estado de una ciudad y su progreso en diferentes áreas. El método propuesto se basó en una herramienta que permite la visualización de

diferentes modelos de KPI para facilitar su comparación, y utiliza un manejo por capas tipo árbol para los diferentes KPI que maneja un modelo. Esto permitió una mejor organización y gestión de los KPI, lo que a su vez facilitó su análisis y evaluación.

Los beneficios o resultados de este método fueron significativos. En primer lugar, permitió una mejor comprensión del estado de una ciudad, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica. Además, el método propuesto permitió la creación de modelos propios para compararlos con los ya existentes o con otros modelos creados, lo que fue útil para identificar áreas de mejora y desarrollar soluciones innovadoras.

El artículo [17] abordó el problema de la falta de monitoreo y control en proyectos de software en PyMEs, lo que llevó a retrasos, errores y pérdida de productividad. Además, se destacó la falta de generalización en la implementación de herramientas de desarrollo, lo que dificultó la toma de decisiones y la gestión de proyectos. La solución que se planteó en el artículo es la integración de herramientas de desarrollo en un *dashboard* de monitoreo de proyectos de software, que permita a las PyMEs tener una visión general del estado de sus proyectos y tomar decisiones informadas en tiempo real. Se propuso una metodología para la implementación del *dashboard*, que incluyó la caracterización de la empresa, la identificación de las herramientas de apoyo en las actividades de desarrollo y la definición de los indicadores de monitoreo.

Los beneficios de la implementación del *dashboard* de monitoreo de proyectos de software fueron varios. Se mejoró la calidad y productividad en los proyectos de software, al permitir una gestión más eficiente y una toma de decisiones informada. Además, se redujo el riesgo de retrasos y errores, lo que tuvo un impacto positivo en la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa.

El documento [18] presentó una serie de desafíos y oportunidades para mejorar la gestión de la calidad en la empresa. En la primera fase del proyecto, se identificaron 11 indicadores, de los cuales solo 7 fueron considerados importantes por el director de calidad. Se analizaron datos cuantitativos y cualitativos de distintas fuentes, pero no se encontraron integraciones multiplataforma, lo que dificultó el proceso de reporte y

construcción del archivo maestro de indicadores. En la segunda fase, se reunieron requerimientos y necesidades que se podían cumplir con las plataformas y tecnología disponibles en la organización. En la tercera fase, se exploraron posibilidades y capacidades de diseño para obtener una excelente experiencia de usuario y usabilidad. La aplicación de las metodologías y una planificación efectiva permitieron obtener una serie de resultados que aportaron al resultado final proyectado y que finalmente consolidaron una mejora en la gestión de las operaciones de Postobón S.A.

Entre los resultados más importantes encontrados en la ejecución del proyecto, se destacan la identificación de los 7 indicadores más importantes para el seguimiento de las operaciones de calidad, la reunión de requerimientos y necesidades que se podían cumplir con las plataformas y tecnología disponibles en la organización, y la exploración de posibilidades y capacidades de diseño para obtener una excelente experiencia de usuario y usabilidad.

El artículo [19] abordó la problemática de la dificultad en el análisis de datos en tiempo real y con componente espacial para comprender el fenómeno del conflicto, lo que afecta la toma de decisiones administrativas y de orden público.

La solución se enfocó en el diseño e implementación de *dashboards* para la visualización de clústeres agregados de regiones geográficas, lo que permite una mejor comprensión del fenómeno del conflicto. Para ello, se llevó a cabo un proceso de minería de datos utilizando el proceso KDD, el cual permitió obtener información valiosa sobre los datos geográficos de los municipios de Colombia. Se utilizó la técnica de clustering para la agrupación no supervisada de los datos geográficos, lo que permitió identificar patrones y agrupar los municipios en clústeres según sus características. Se llevó a cabo una limpieza y estructuración de los datos para representar el conflicto armado en Colombia, eliminando variables que generaban variabilidad innecesaria en cada municipio.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se logró diseñar y desarrollar *dashboards* que permiten visualizar de manera clara y concisa los clústeres de

regiones geográficas. Estos *dashboards* cuentan con características básicas como la interactividad y la capacidad de filtrar y seleccionar información específica.

En [20] los autores se enfocaron en mejorar la experiencia de estudiantes y profesores en la Universitat Politècnica de València mediante el uso de herramientas de analítica del aprendizaje. Para lograrlo, se aplicó una metodología de 5 fases y se extrajeron los datos de la plataforma PoliformaT, los cuales se anonimizaron para proteger la privacidad de los estudiantes y profesores. Como resultado, se creó un prototipo de *dashboard* que brinda soporte en un contexto de educación presencial, mejorando la comprensión de los procesos educativos en cursos de enseñanza presencial apoyados en el uso de entornos virtuales de aprendizaje. Este proyecto representa una solución innovadora para mejorar la calidad de la educación y el aprendizaje en entornos virtuales.

El artículo [21] abordó la problemática de mejorar los procesos de compra y venta en una empresa del sector de refacciones mediante el uso de ciencia de datos. Para ello, se planteó el objetivo de desarrollar un algoritmo que permitiera predecir la obsolescencia de los productos y, de esta manera, optimizar la gestión de inventarios.

Se utilizó una metodología que incluyó la integración de bases de datos, la limpieza y preprocesamiento de los datos, y el entrenamiento de modelos de clasificación. Los resultados permitieron resolver dudas con los requerimientos para su uso, y demostraron la eficiencia del algoritmo creado mediante métricas que lo compararon con los procesos que se llevan a cabo por parte del cliente.

En el informe se presentaron los resultados obtenidos. La gráfica de exactitud mostró un poco más bajo a lo obtenido en el entrenamiento, pero se encuentra dentro de lo esperado. Además, se destaca que para los 3 meses predice de manera muy similar, sin que alguno tenga mayor Exactitud que otro. Estos resultados permiten concluir que el algoritmo creado es eficiente y es utilizado para predecir la obsolescencia de los productos y optimizar la gestión de inventarios en la empresa del sector de refacciones.

El artículo [22] no presentó una problemática específica, sino que se enfocó en el análisis de eventos en una aplicación y en la importancia de contar con herramientas adecuadas para monitorizar el correcto funcionamiento del sistema. Además, se destacó la importancia de definir correctamente los KPIs para crear un sistema de monitorización efectivo.

Además, se mencionó que se elaboraron cuadros de mandos para visualizar la información recolectada por Prometheus, y que el diseño del proyecto se realizó con la intención de que sea escalable e independiente del número de recursos que hay en el sistema.

Por último, se mencionó que uno de los posibles trabajos a futuro es el desarrollo en una mayor profundidad de las métricas técnicas sobre el correcto funcionamiento de la red.

En [23], se identificó la necesidad de mejorar la gestión tecnológica en una institución prestadora de salud. Se diseñó una solución que incluyó la implementación de indicadores de gestión y la creación de módulos de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo e insumos. Para la implementación de los indicadores de gestión se definieron objetivos específicos, entre ellos, un porcentaje de cumplimiento de actividades igual o superior al 80%, con un tiempo de cumplimiento igual o menor a 5 días hábiles. Se evaluaron los resultados de la implementación de los indicadores de gestión y se encontró que se cumplió el objetivo de porcentaje, pero no el del tiempo. El porcentaje de cumplimiento fue del 92.79%, pero el tiempo de respuesta promedio fue de 7 días hábiles respecto a 333 órdenes de trabajo emitidas desde julio hasta noviembre.

En cuanto a los módulos de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo e insumos, se encontró que la implementación de estos módulos permitió una mejor planificación y control de las actividades de mantenimiento. Además, se establecieron estrategias de mejora a partir de la evaluación de los indicadores de gestión.

La problemática que se abordó en el artículo [4] fue la necesidad de medir variables climáticas de forma simultánea y con una incertidumbre reducida. Para ello, se utilizó una referencia patrón y se introdujeron ciertos parámetros para alcanzar una medida muy próxima a la real. Además, se presentó el entorno de programación, el hardware y el software empleados en el desarrollo del proyecto para el control de los sensores utilizados y la caracterización de los parámetros medidos. La solución propuesta permitió la cuantificación de la incertidumbre que estos dispositivos comportan y facilitó la toma de decisiones a posteriori. Como resultado, se obtuvo una evidencia cuantitativa de la medida de cada una de las variables recogidas para una misma muestra, expresando el resultado de la misma a través de dos componentes, la estimación y su incertidumbre expandida.

El artículo [24] presentó una problemática en la gestión de calidad, ya que carecía de un sistema automatizado que permitiera validar y comparar los resultados obtenidos y asegurar su fiabilidad. Además, existían contratiempos como la demora en la finalización de un proceso y la introducción de datos inexactos en Word y libros de Excel, lo que afectaba la eficiencia del proceso y generaba insatisfacción por parte de los clientes. Para solucionar esta problemática, se desarrolló un sistema automatizado. Este sistema permitió una gestión más eficiente y precisa de los procesos operativos, reduciendo la carga de trabajo y mejorando la calidad del servicio prestado. Los resultados obtenidos fueron muy positivos, ya que se logró una mayor eficiencia en los procesos, una reducción en la repetición de actividades y una mejora en la precisión de los informes generados.

El artículo [25] abordó la problemática de la falta de un sistema de control automatizado para la cámara de presión del laboratorio de metrología del INAMHI. Para solucionar esta problemática, se desarrolló un sistema de control basado en la tecnología IoT, que permitió la medición y control de la presión en la cámara de manera automatizada. El proyecto se dividió en dos partes: el desarrollo del hardware y el desarrollo del software. En la primera parte, se seleccionaron los componentes necesarios para el sistema de control, como sensores, actuadores y procesadores. En la segunda parte,

se desarrolló un software que permitió la visualización y control de la presión en la cámara de manera remota, a través de una interfaz hombre-máquina (HMI). Para el desarrollo del software, se utilizaron tecnologías como el control PID y la transmisión de señal de NI (*National Instruments*). Además, se realizó una investigación exhaustiva sobre los conceptos más relevantes en el área de metrología, como la calibración y la incertidumbre de medida.

Como resultado, se obtuvo un sistema de control automatizado para la cámara de presión del laboratorio de metrología del INAMHI, que permitió la medición y control de la presión de manera precisa y confiable. Además, se demostró el aporte novedoso de software en el área de metrología, así como la importancia de la tecnología IoT en la automatización de procesos de medición y control.

En el artículo [1] presentó una solución a la problemática de la falta de herramientas para monitorear y evaluar el desempeño de los equipos de estudiantes en tiempo real.

Para abordar esta problemática, se realizó un *dashboard* digital que recopiló y analizó los datos de los estudiantes que trabajan en línea, y presentó información sobre el comportamiento del equipo y los miembros del equipo en tiempo real. El panel de control utiliza el software de análisis de lenguaje natural LIWC (Linguistic Inquiry and Word Count) para analizar los mensajes de los estudiantes y proporcionar información sobre el tono, la emoción y el estilo de comunicación. Además, el *dashboard* permite a los instructores explorar aspectos específicos del desempeño del equipo y los miembros del equipo que les interesen en más profundidad.

Los resultados del proyecto demostraron que el *dashboard* proporcionó información útil y comprensible para los instructores.

En [26] presenta soluciones innovadoras a problemas geométricos relacionados con la "planitud" y la "redondez" en espacios 2D y 3D. Los algoritmos propuestos mejoran los enfoques anteriores en términos de definición del problema, tiempo de ejecución y dimensionalidad de entrada. Los autores abordan la problemática de la metrología computacional, que históricamente es una actividad intensiva en mano de obra. Sin

embargo, los avances recientes en tecnología introdujeron el uso de máquinas de medición por coordenadas, láseres y microscopios electrónicos de barrido para muestrear puntos en superficies manufacturadas y proporcionar grandes volúmenes de datos para probar la conformidad. Los resultados obtenidos incluyen algoritmos de aproximación eficientes para el problema de la planitud y la redondez, que mejoran los enfoques anteriores en términos de tiempo de ejecución y precisión. Además, se presenta un algoritmo exacto para el problema de la redondez, que es óptimo en términos de tiempo de ejecución y precisión. Los autores también proponen un algoritmo de aproximación para determinar el ancho de un conjunto de puntos d-dimensionales, que es útil en aplicaciones prácticas como la fabricación de piezas mecánicas.

En [2] se analizó la problemática de la falta de interés de los estudiantes en el grado de Ingeniería de Instrumentación y Metrología en Portugal. Se llevó a cabo una reflexión exhaustiva sobre los factores que llevaron a la no adhesión de los candidatos a un grado en esta área de formación, a pesar de tener una tasa de empleabilidad del 100%. Se identificaron los problemas de la falta de visibilidad y difusión de la ciencia de la metrología, así como la confusión con la predicción de las condiciones atmosféricas. Se encontró que la implementación de los Cursos Técnicos Superiores Profesionales (CTeSP) en Metrología, Instrumentación y Calidad, en el año en que no hubo vacantes para acceder al grado de Ingeniería de Instrumentación y Metrología, fue una solución efectiva para dar continuidad a casi tres décadas de conocimientos adquiridos, uso de equipos de laboratorio en esta área, seguimiento de asociaciones establecidas y necesidades existentes en el mercado de técnicos con conocimientos en esta área estructural y muy específica.

Además, se llevó a cabo un trabajo intensivo de difusión a través de visitas de estudio, conferencias, simposios, noticias en los medios de comunicación, cursos cortos y acciones tomadas en escuelas secundarias y profesionales. A pesar de estas acciones, el número de candidatos disminuyó drásticamente en los últimos años, lo que llevó al cierre del grado en 2016.

En [27] se investigó la complejidad y la frecuencia de los *drill-down* manuales aplicados por los usuarios en los paneles de aprendizaje. Para ello, se procesaron 356 acciones de *drill-down* manuales realizadas por 71 miembros del personal docente durante 10 semanas de un semestre en la Universidad de Queensland en 2019. Se examinó la longitud promedio de cada acción de *drill-down* para responder a la primera pregunta y se examinó la frecuencia de uso de las acciones de *drill-down* manuales realizadas para responder a la segunda pregunta. Se encontró que el uso de una combinación de atributos era menos común.

Se identificaron tres desafíos principales con el análisis de *drill-down* manual: demasiadas opciones de *drill-down*, falta de resultados útiles y la falacia de *drill-down*. La propuesta de solución es un enfoque automatizado que recomienda *drill-downs* útiles y significativos para los usuarios. Se encontró que el enfoque propuesto mejoró significativamente la eficiencia y la efectividad de los usuarios en la identificación de información útil y significativa en los paneles de aprendizaje.

Los resultados preliminares de este estudio complementan el desarrollo de estudios multidisciplinarios y longitudinales en los campos de la educación y la tecnología. El objetivo es generar una guía de características didácticas sobre contenidos, juegos y procesos que se tienen en cuenta para la creación de juegos interactivos para niños en la educación. Se espera que los resultados ayuden a los educadores a medir continuamente factores como la jugabilidad, la usabilidad y la utilidad de las herramientas tecnológicas, lo que contribuye a mejorar la educación de los niños en la era digital. Se presentó un sistema refinado en tres módulos y los resultados finales de toda la investigación con el fin de ayudar a los educadores a tomar decisiones informadas sobre la creación de juegos educativos para niños.

.

2.2 Análisis comparativo

En la Tabla 2.1 se presenta un análisis comparativo de los trabajos relacionados con el tema del presente proyecto de tesis; se incluye explicación breve del problema, la contribución propuesta, las tecnologías empleadas, el resultado obtenido y el enfoque.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías	Resultado	Estado
E. Estrada [16]	Desafío de medir y mejorar las condiciones de habitabilidad en las ciudades	Método sistemático para la selección, evaluación y actualización de KPIs	MongoDB, Python, HTML, CSS.	El resultado incluye una definición de un modelo de capas tipo árbol para la selección de KPIs.	Propuesta
C. A. González Catalán [17]	Falta de monitoreo y control efectivo y la falta de generalización en la implementación de soluciones de control	Arquitectura de <i>dashboard</i> de monitoreo de proyectos de software que integra herramientas de desarrollo para mejorar la calidad en PyMEs	No especifica	El resultado de la implementación del <i>dashboard</i> es una mejora en la calidad y productividad en proyectos de software en PyMEs.	Terminado

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías	Resultado	Estado
A. Olga Cecilia Úsuga Manco [18]	No especifica un problema, pero se menciona que el objetivo del proyecto fue mejorar la gestión de operaciones de la dirección de la empresa.	<i>Dashboard</i> que permitió llevar un control estricto para cada indicador.	Python y Microsoft Teams	El proyecto logró consolidar todos los datos históricos y estandarizar un método de carga mensual para la actualización de la herramienta.	Terminado
S. Suakanto [15]	El problema es la necesidad de predecir el comportamiento de variables en el ámbito de las ciudades inteligentes con datos actuales	Brinda información valiosa sobre cómo utilizar la minería de datos para crear un <i>dashboard</i> que permita tomar decisiones informadas.	No especifica.	El resultado es un <i>dashboard</i> descriptivo que permite realizar varios filtros con la información, como la región, mes, entidad.	Terminado
Maciej Serda [19]	El problema abordado es la visualización de clústeres de regiones geográficas, lo que es útil para la toma de decisiones en diferentes áreas.	Proporciona una guía para el diseño e implementación de <i>dashboards</i> que permitan visualizar estos clústeres de manera efectiva.	Paquete Shiny (permite crear <i>dashboards</i> interactivos y personalizables)	Un <i>dashboard</i> interactivo que permite visualizar los clústeres de regiones geográficas de manera efectiva y personalizada	Terminado

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías	Resultado	Estado
R. Ahuja [1]	Falta de herramienta que permitan a los instructores monitorear y evaluar el desempeño de los equipos de estudiantes en tiempo real.	Presentación de un <i>dashboard</i> digital que permite a los instructores monitorear y evaluar el desempeño de los estudiantes.	Software de análisis de lenguaje natural LIWC y una plataforma de aprendizaje en línea	Resultados preliminares demuestran que los datos son recopilados, analizados y presentados de manera efectiva y eficiente.	Propuesta
C. Duncan [26]	A. Los egresados tienen dificultades para obtener datos integrados y generar informes debido a la gran cantidad de información que se recopila de ellos.	Desarrollo de una base de datos de egresados utilizando la arquitectura de almacenamiento de datos normalizada (NDS)	NDS, SQL, Tableau y MySQL.	Creación de una base de datos y generación de informes en forma de un <i>dashboard</i>	Terminado
A. S. D. P. Alberto and F. L. Jacob [2]	Falta de interés de los estudiantes por el grado de Ingeniería de Instrumentos y Metrología en Portugal.	Analiza el pasado, presente y futuro de la enseñanza de la metrología.	No especifica.	Implementación de cursos técnicos superiores profesionales en metrología, instrumentación y calidad.	Terminado
Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías	Resultado	Estado

S. Shabaninejad [27]	Los desafíos que existen en el uso efectivo de los datos en los paneles de análisis de aprendizaje (LADs). En particular, se centra en los desafíos que surgen al realizar un análisis de drill-down.	Enfoque para recomendar drill – downs a los usuarios.	No especifica.	Exploración y discusión de un conjunto de criterios de drill – down de un curso con 875 estudiantes.	Propuesta
F. Zhang [28]	El proceso de planarización mecánico-químico (CMP) es un paso crítico en la producción de semiconductores, ya que afecta	Los autores proponen un método basado en redes neuronales llamado Wide & Deep para predecir el MRR en el proceso CMP.	El método propuesto utiliza redes neuronales de aprendizaje profundo, en particular la arquitectura Wide & Deep.	Los resultados experimentales muestran que el método propuesto supera a los métodos existentes en términos de precisión de predicción del MRR.	Terminado

De todo el análisis anterior se concluye que, en el mundo actual, la metrología juega un papel fundamental al garantizar la precisión y la confiabilidad de las mediciones en una amplia gama de sectores, desde la manufactura y la salud hasta la investigación científica. Su importancia radica en la capacidad de establecer estándares de medición confiables, lo que asegura la calidad de los productos y servicios, así como la protección de la salud pública y el medio ambiente.

En paralelo, los *dashboards* revolucionaron la forma en que se accede y se utiliza la información en tiempo real. Estas herramientas no solo ofrecen datos actualizados de manera rápida y eficiente, sino que también proporcionan análisis visuales intuitivos que facilitan una comprensión profunda de los patrones y tendencias clave. Al combinar la precisión de la metrología con la rapidez y la claridad de los *dashboards*, se posibilita una toma de decisiones informada y oportuna en una variedad de contextos, desde la gestión de crisis hasta la planificación estratégica en negocios y políticas públicas.

Asimismo, la integración de la metrología con los *dashboards* fomenta una cultura de transparencia y rendición de cuentas, ya que las mediciones precisas respaldadas por datos confiables fortalecen la confianza en los procesos y resultados. Al proporcionar información oportuna y precisa, estos sistemas mejoran la capacidad de los individuos y las organizaciones para anticipar desafíos, identificar oportunidades y tomar decisiones fundamentadas que conduzcan a un desarrollo sostenible y a la resolución efectiva de problemas complejos en la era moderna.

2.3 Propuesta de solución

Con la finalidad de dar una solución al problema planteado, se efectuó un análisis de las herramientas de sistemas de gestores de base de datos, lenguajes de programación, entornos de desarrollo y metodologías y se eligieron las más idóneas tomando en cuenta la aplicación base web existente, para ayudar a la solución del problema. Se eligieron las tecnologías que brindan ventajas de compatibilidad, comunicación, funcionalidad y estabilidad para el desarrollo e integración.

En la tabla 2.2 se muestran las tecnologías que componen la solución propuesta.

Tabla 2.2 Solución propuesta.

Metodología	Algoritmo de regresión	Editor de código	Framework
UWE	Árboles de regresión	Visual Studio Code	Laravel

A continuación, se describen las tecnologías que se emplean para esta tesis.

2.3.1 PHP

PHP es un lenguaje de programación de código abierto interpretado, es decir que, en comparación de otros lenguajes de programación compilados, este necesita un intérprete para realizar la ejecución. Este proceso de lenguaje interpretado consiste en la ejecución del código directamente, línea por línea sin pasar por una función de compilación. Este lenguaje se encuentra por parte del servidor, pero preprocesado por parte del cliente [29].

2.3.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft que se utiliza principalmente para la programación y el desarrollo de software. Es muy popular entre los desarrolladores debido a su interfaz intuitiva, su amplia gama de extensiones y su capacidad para admitir múltiples lenguajes de programación [30].

2.3.3 MySQL

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos (DBMS) que se caracteriza por ser una plataforma de código abierto utilizada para organizar y gestionar eficientemente conjuntos de datos. Se destaca por su capacidad para almacenar, recuperar y manipular datos de manera eficaz, siendo particularmente eficiente en entornos web. MySQL permite a los desarrolladores crear y mantener bases de datos relacionales, y es conocido por su compatibilidad con múltiples plataformas y sistemas operativos. Este sistema DBMS facilita la administración de grandes cantidades de

información, ofreciendo características como consultas SQL, integridad de datos y soporte para transacciones [31].

2.3.4 Algoritmo árboles de regresión

Los árboles de regresión son un tipo de modelo de regresión no lineal que se basa en la estructura de un árbol de decisiones. A diferencia de los modelos lineales que asumen una relación lineal entre las variables independientes y la variable dependiente, los árboles de regresión dividen el espacio de características en regiones rectangulares y predicen un valor constante para cada región [9].

2.3.5 UWE

UWE es un enfoque y extensión de UML (*Unified Modeling Language*) desarrollado para abordar los desafíos específicos de la Ingeniería Web. Esta metodología proporciona extensiones especializadas de UML para facilitar el modelado de aplicaciones web y sistemas de información en entornos web. UWE ofrece herramientas y notaciones específicas que permiten a los ingenieros web representar de manera efectiva los aspectos únicos de las aplicaciones web, como la navegación, la interacción del usuario y la gestión de datos [32].

El objetivo principal de UWE es mejorar la calidad y la eficiencia en el desarrollo de aplicaciones web al proporcionar un conjunto de herramientas y técnicas para modelar y comprender de manera más efectiva los aspectos complejos asociados con la Ingeniería Web. Estas extensiones de UML permiten a los equipos de desarrollo visualizar y planificar mejor los componentes clave de una aplicación web, lo que facilita la comunicación y la toma de decisiones durante el ciclo de desarrollo.

2.3.6 Laravel

Laravel es un framework de código abierto para el desarrollo de aplicaciones web con PHP. Proporciona una estructura y un conjunto de herramientas para crear aplicaciones modernas de manera rápida, eficiente y con un código organizado [33].

Capítulo 3. Aplicación de la metodología

A continuación, en el presente capítulo se describe el proceso de desarrollo de la aplicación web que da solución al problema planteado en el capítulo 1, dicho desarrollo se lleva a cabo a través de las fases que proporciona la metodología UWE.

3.1 Modelo de requisitos

Esta es la primera fase de la metodología, y en ella se definieron los requisitos funcionales del sistema, los cuales se modelaron en un diagrama de casos de uso, que se presenta en la sección 3.1.1.

3.1.1 Análisis de requisitos

El análisis de requisitos es importante y necesario ya que permite entender cómo el usuario interactúa con el sistema y así ofrecer una solución acertada al problema. Por ello, es importante conocer cómo el usuario hará uso del sistema.

A continuación, se describen las funciones que el actor o usuario realiza en el sistema, como se muestra en la Figura 3.1.

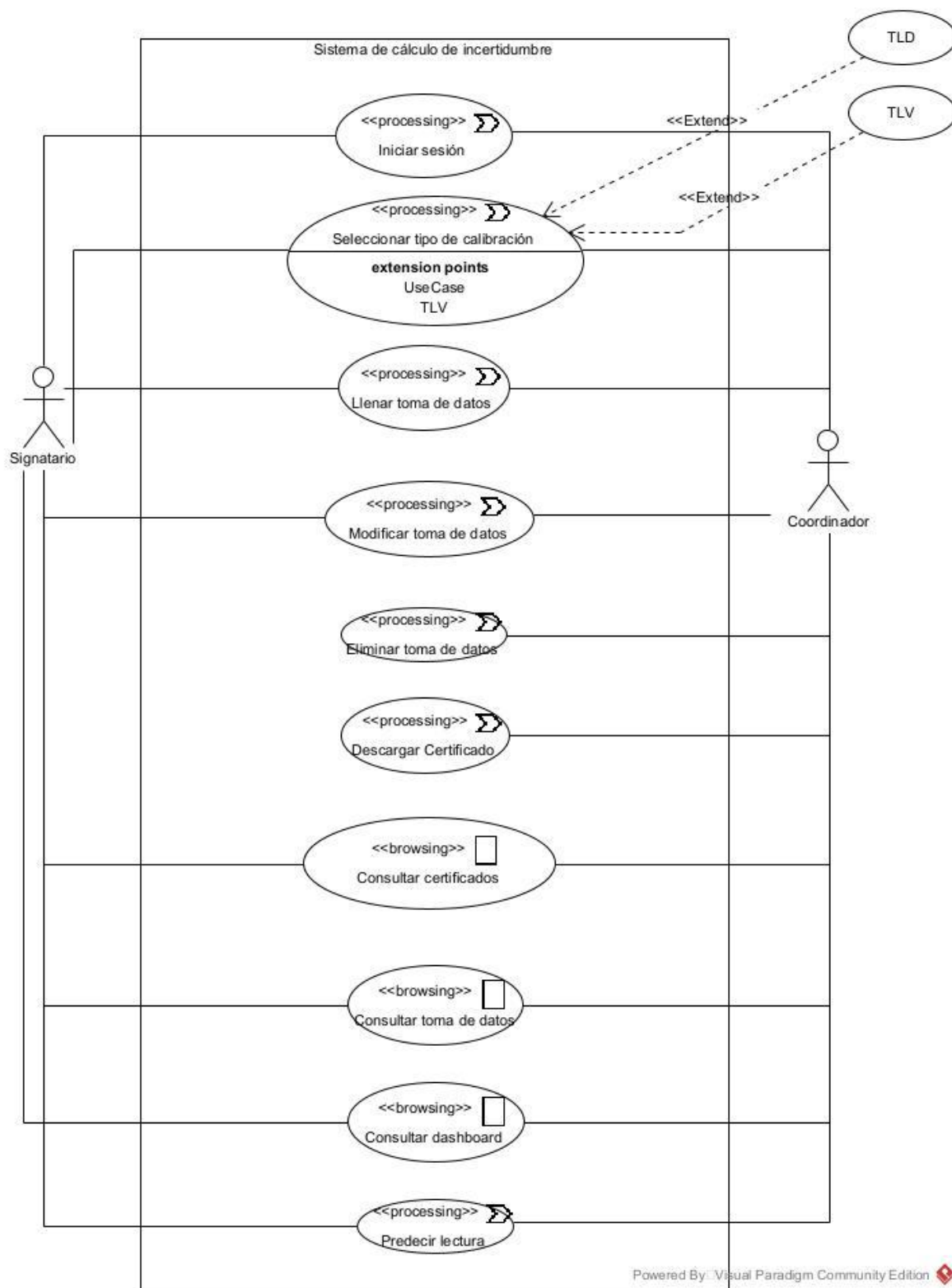


Figura 3.1 Diagrama de casos de uso de la aplicación web

3.1.2 Diagramas de actividades

Como en el diagrama de casos de uso solamente es posible capturar poca información, se modelaron los diagramas de actividades para detallar más los casos de uso y asegurar la definición de los procesos involucrados en cada uno.

La figura 3.2 corresponde al diagrama de actividades del caso de uso “Iniciar sesión” y muestra las acciones del usuario y del sistema, así como los datos de entrada que se procesan.

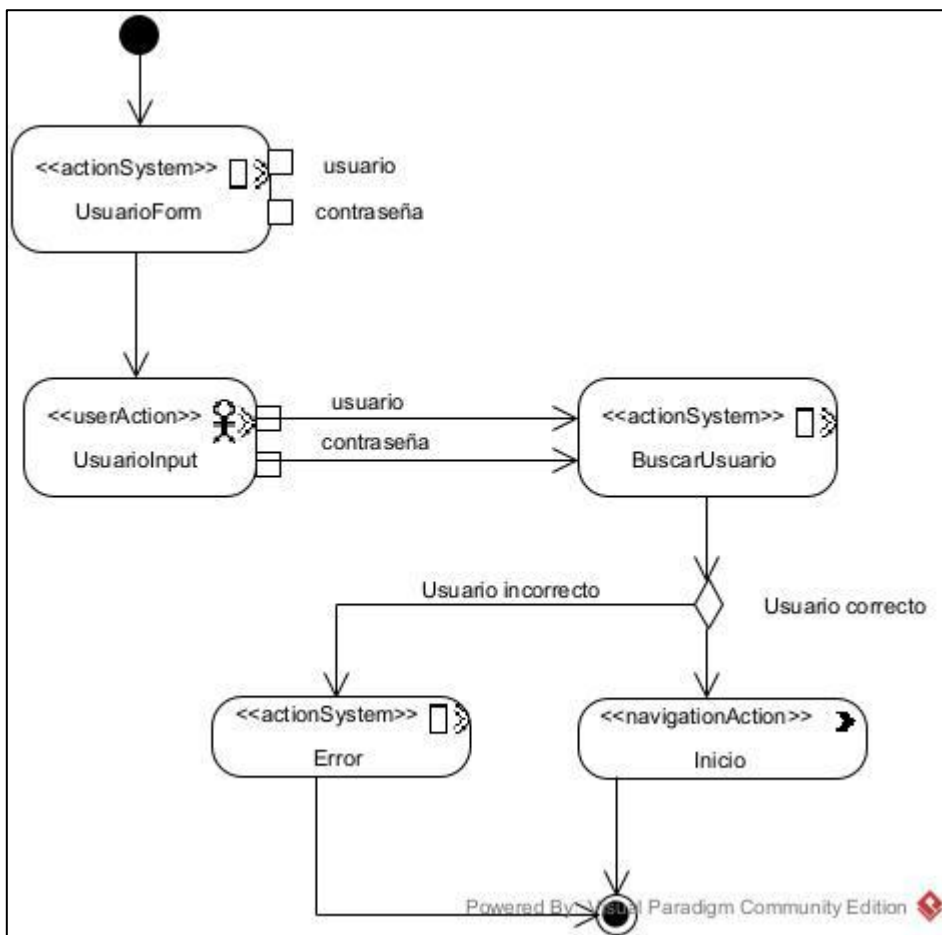


Figura 3.2 Diagrama de actividades de caso de uso “Iniciar sesión”

La figura 3.3 muestra el diagrama de actividades del caso de uso “Seleccionar tipo de calibración” donde se expone las actividades involucradas en el proceso.

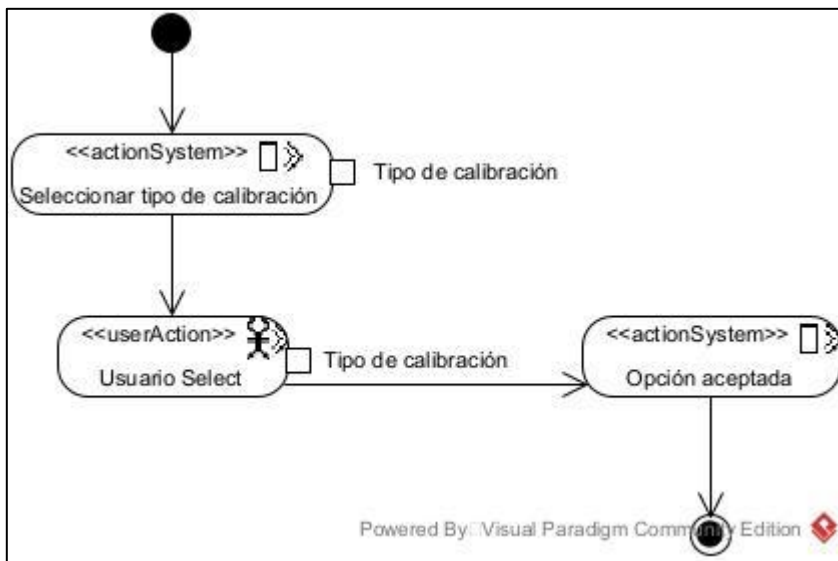


Figura 3.3 Diagrama de actividades de caso de uso “Seleccionar tipo de calibración”

En la figura 3.4 se muestra el diagrama de actividades del caso de uso “Llenar toma de datos”.

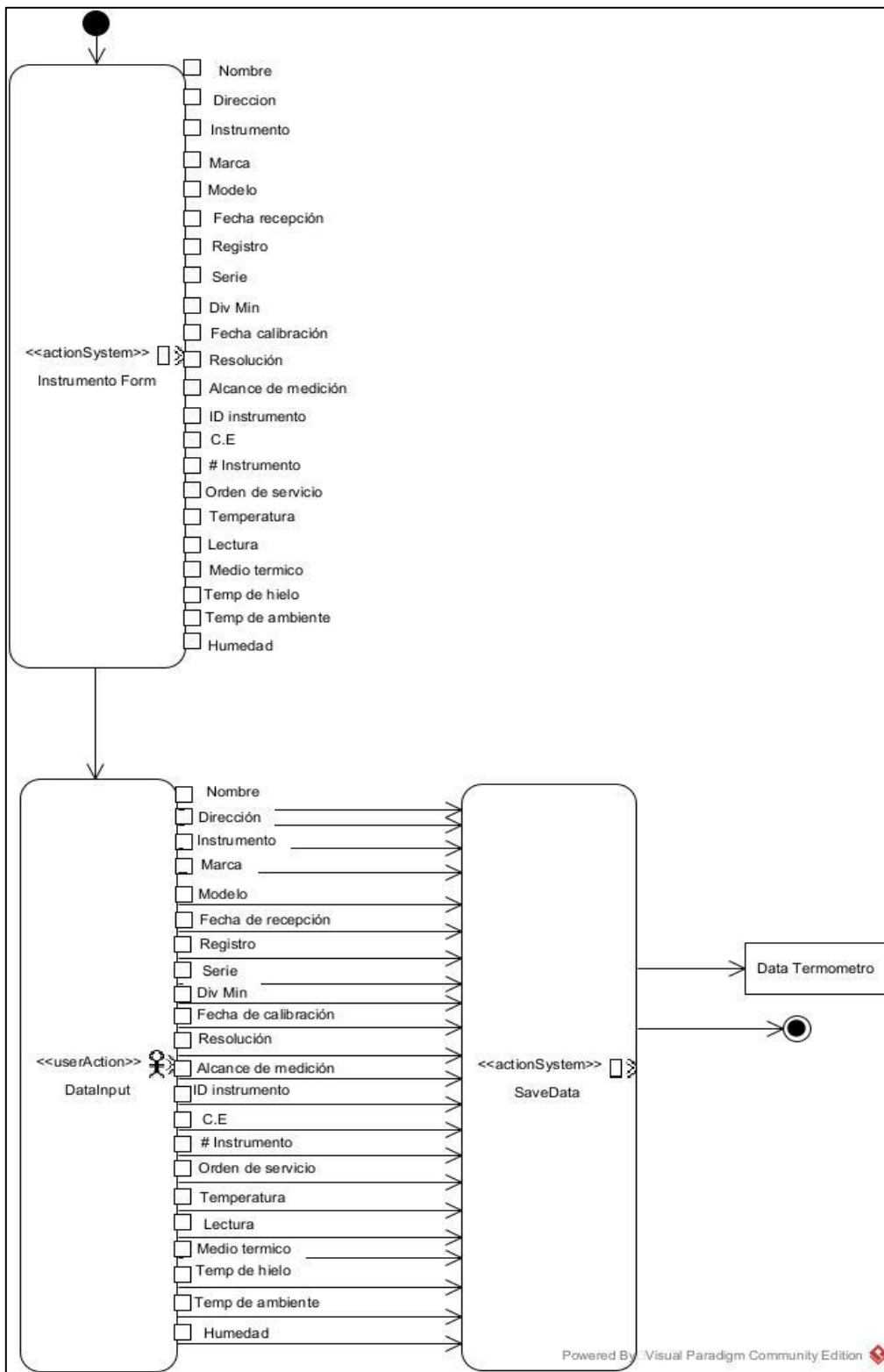


Figura 3.4 Diagrama de actividades de caso de uso “Llenar toma de datos”

En la figura 3.5 se muestra el diagrama de actividades relacionadas al caso de uso de “Modificar toma de datos”.

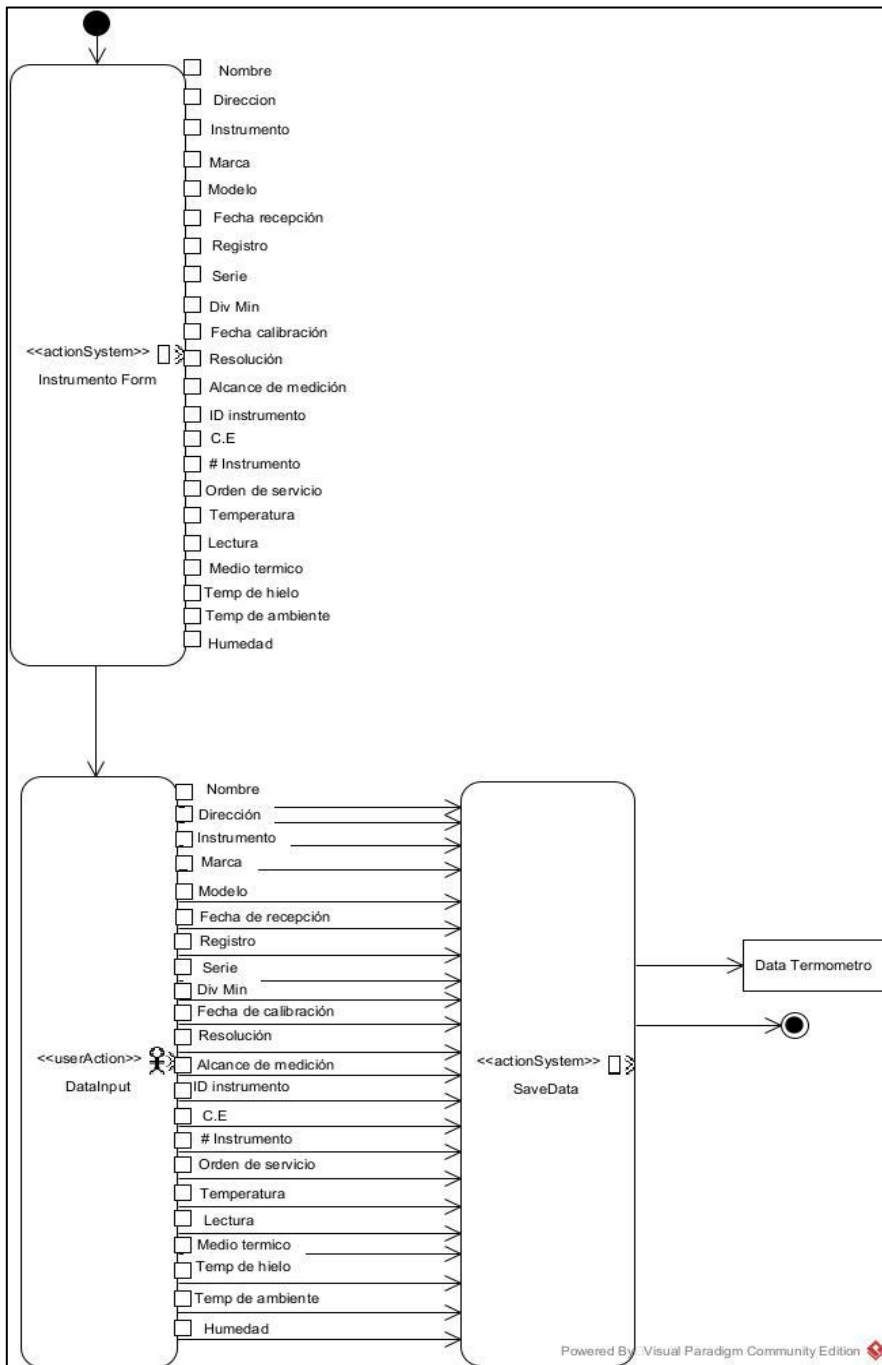


Figura 3.5 Diagrama de actividades del caso de uso “Modificar toma de datos”

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de actividades relacionadas al caso de uso “Eliminar toma de datos”

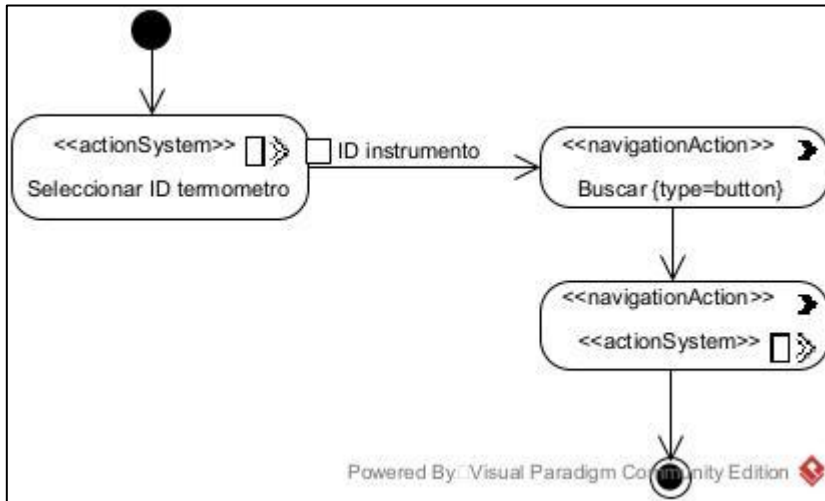


Figura 3.6 Diagrama de actividades del caso de uso “Eliminar toma de datos”

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de actividades relacionadas al caso de uso “Descargar certificado”.

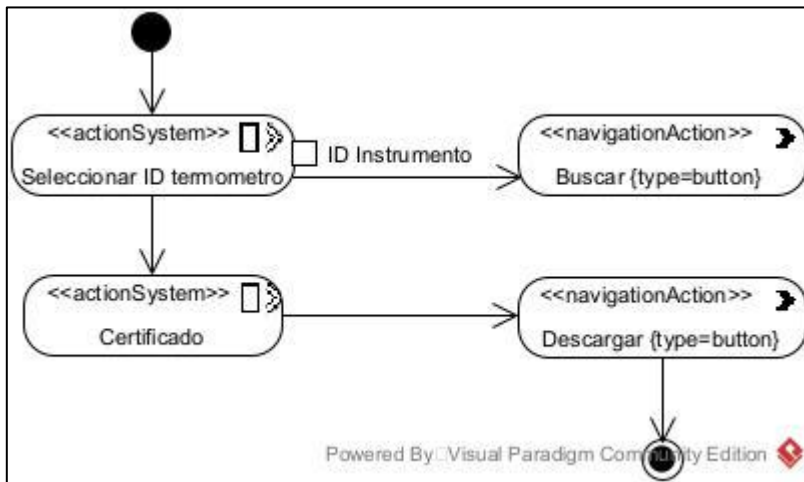


Figura 3.7 Diagrama de actividades del caso de uso “Descargar certificado”

En la figura 3.8 se muestran las actividades relacionadas al caso de uso “Consultar certificado”

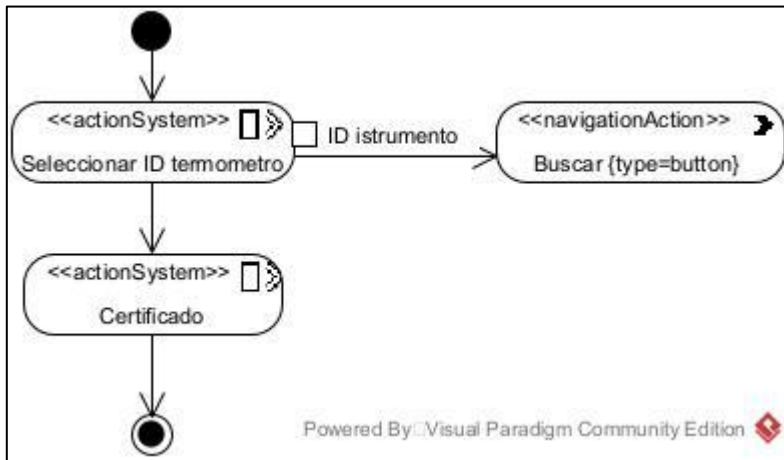


Figura 3.8 Diagrama de actividades del caso de uso “Consultar certificado”

En la figura 3.9 se muestra el diagrama de actividades del caso de uso “Consultar toma de datos”

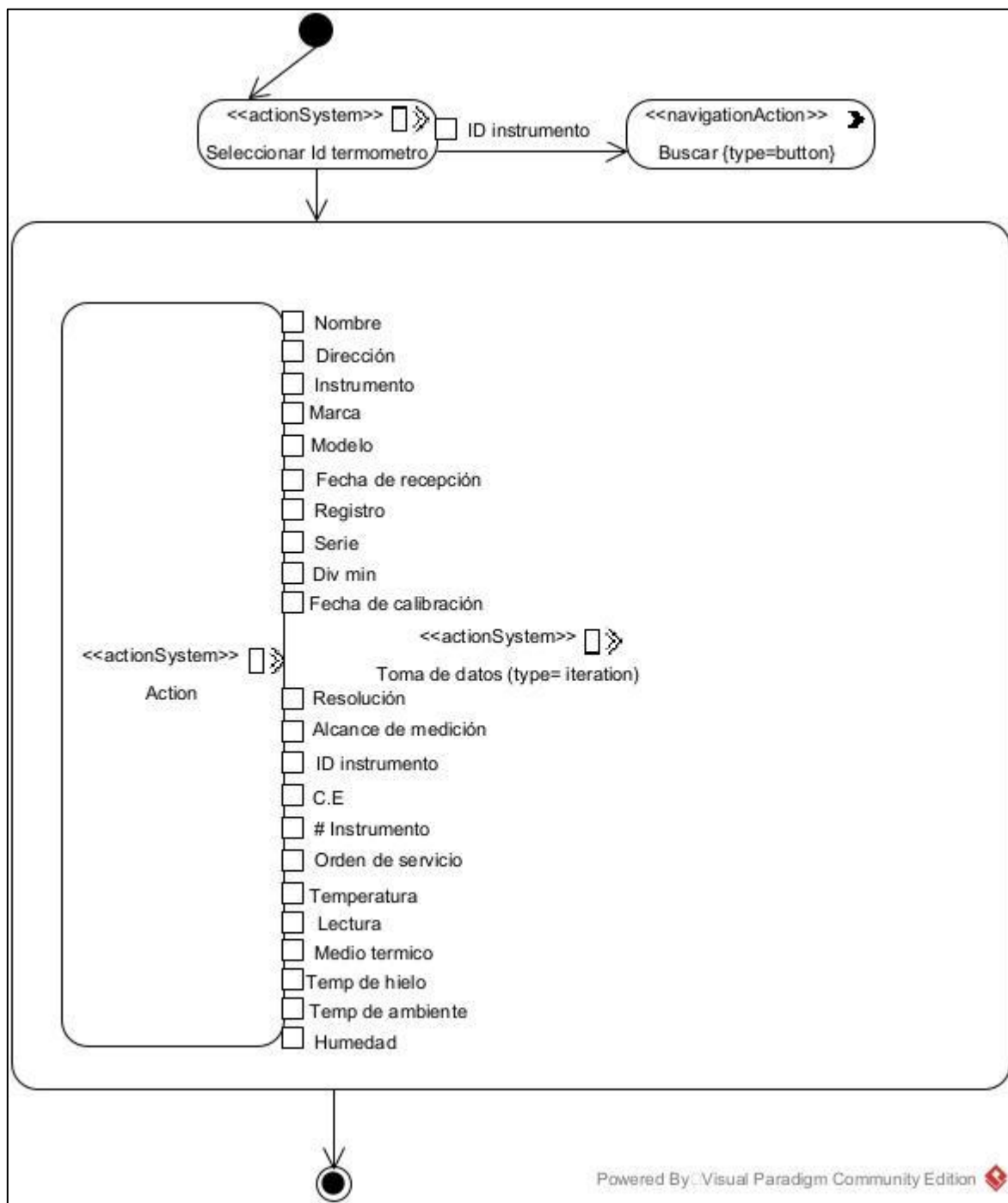


Figura 3.9 Diagrama de actividades del caso de uso “Consultar toma de datos”

En la figura 3.10 se muestra el diagrama de actividades del caso de uso “Predecir lectura”

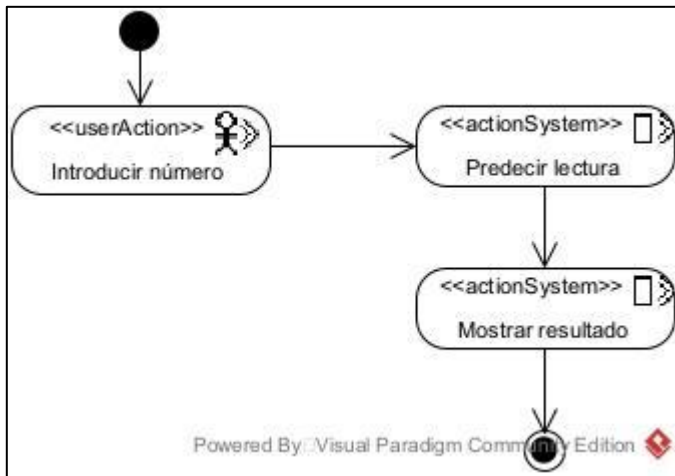


Figura 3.10 Diagrama de actividades del caso de uso "Predecir lectura"

3.2 Modelo de dominio

El modelo de dominio está conformado por los diagramas de clase.

3.2.1 Diagrama de clases

Un diagrama de clase describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, métodos y las relaciones entre los objetos.

A continuación, se muestran las clases principales, Usuario, Formulario, Datos *Dashboard* y Certificado.

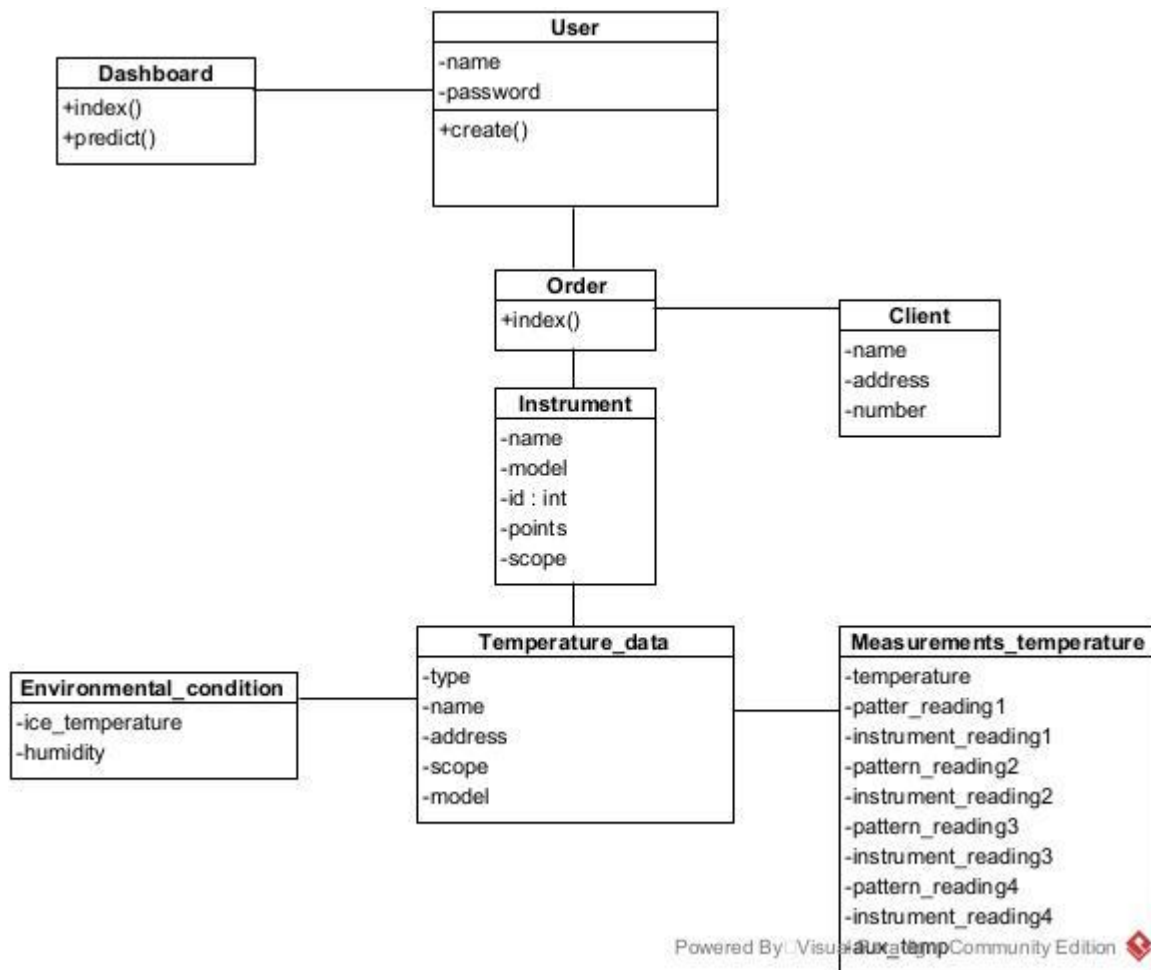


Figura 3.11 Diagrama de clases

3.3 Modelo de navegación

La metodología UWE establece esta sección con la finalidad de especificar la forma en que se enlazan las páginas dentro del sistema. Por ello, se realizó un diagrama de navegación con todos los nodos y enlaces, el cuales se muestra en la Figura 3.12.

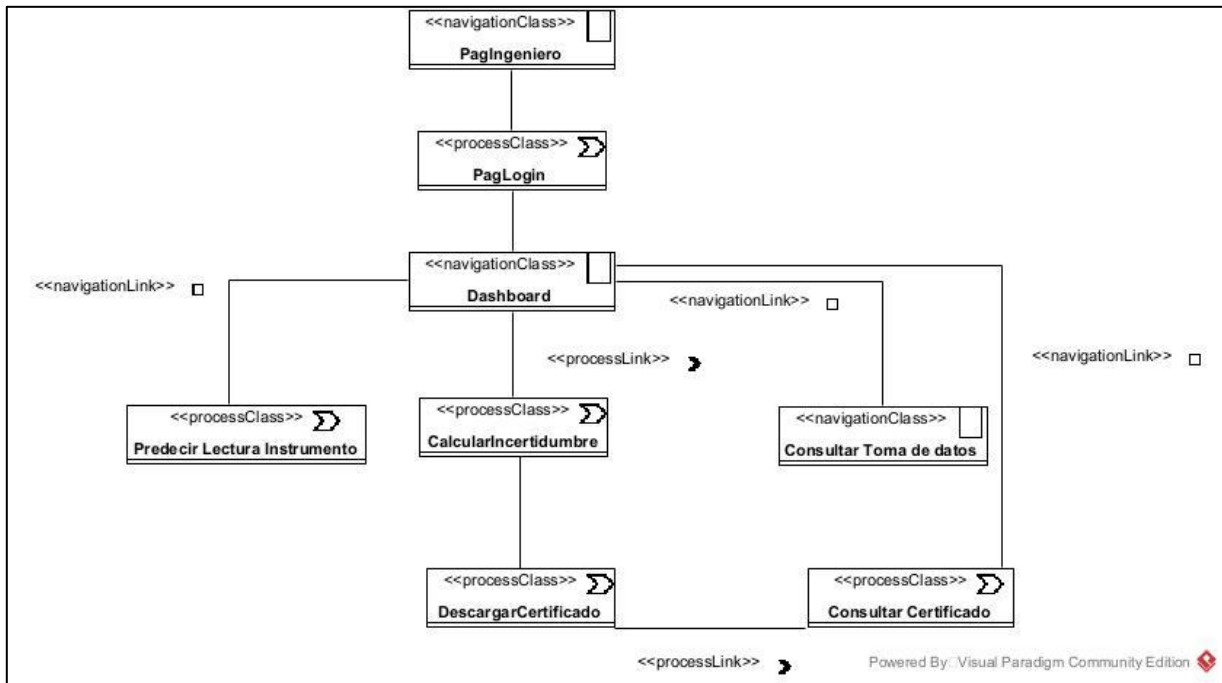


Figura 3.12 Diagrama de navegación del sistema.

3.4 Modelo de presentación

El objetivo de este modelo es identificar los elementos de la aplicación web, así como ofrecer una visión clara de la interfaz del usuario. A continuación, se mostrará el maquetado de la aplicación a través de *Mockups* realizados a partir del diagrama de navegación.

En la figura 3.13 se muestra el *LOGIN* en donde el usuario ingresa sus credenciales para tener acceso al sistema.

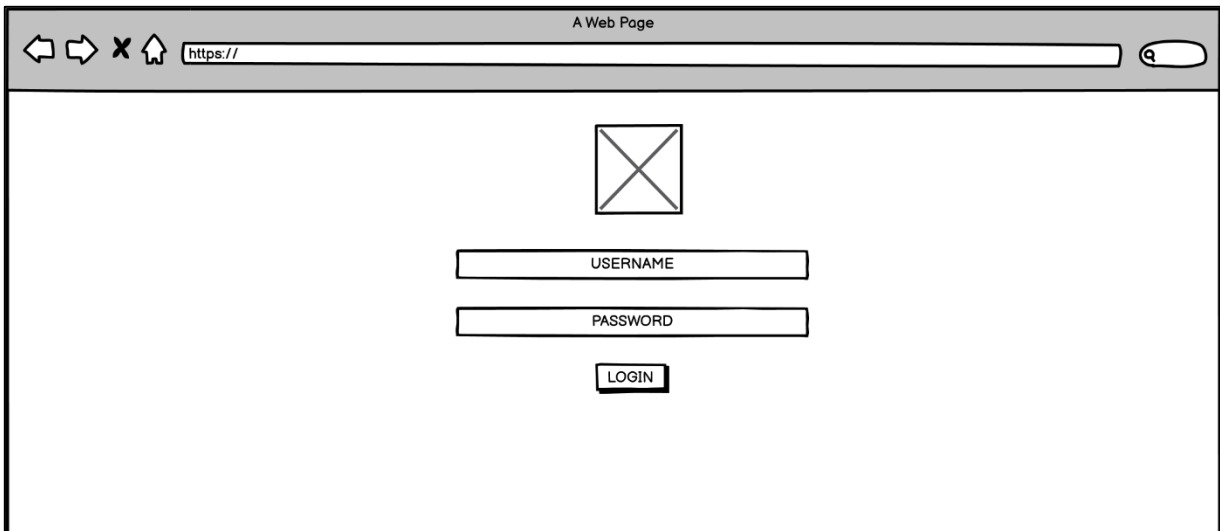


Figura 3.13 Mockup de Login.

En la figura 3.14 se muestra el *dashboard* en donde el usuario tiene acceso a información en forma de gráficas.

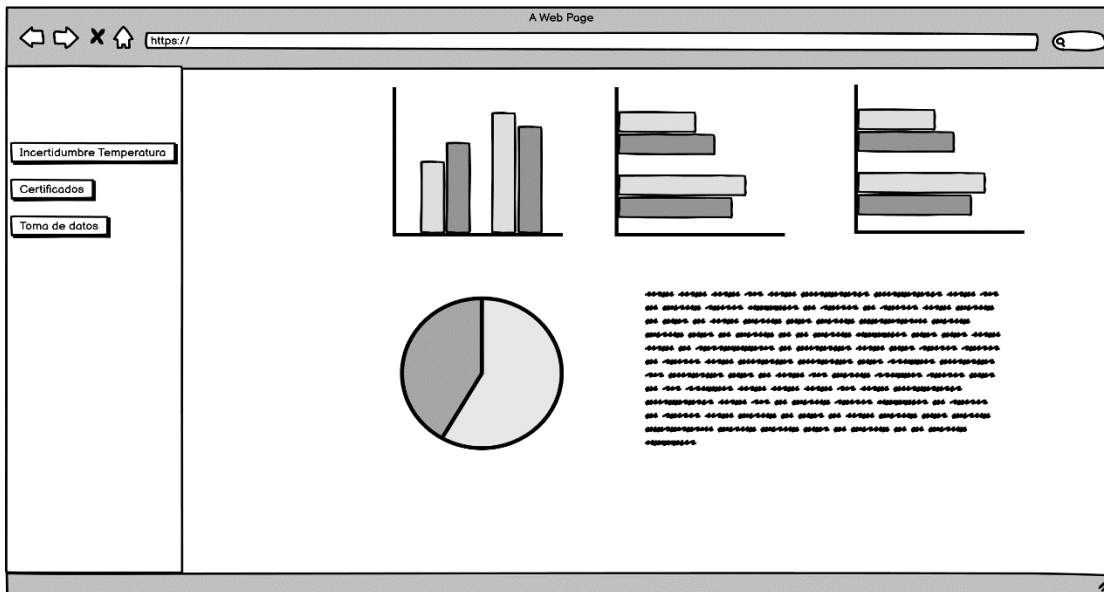


Figura 3.14 Mockup del dashboard

En la figura 3.15 se muestra la pantalla de consultar toma de datos, en donde el usuario ingresa el ID del termómetro para consultar.

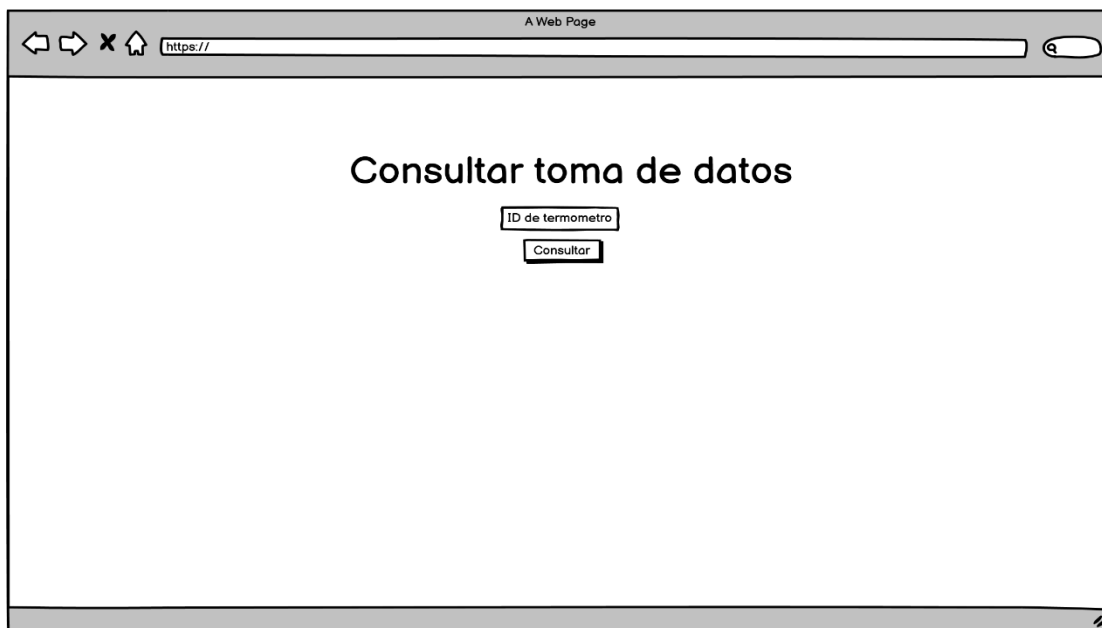


Figura 3.15 *Mockup* de consultar toma de datos.

En la figura 3.16 se muestra la pantalla de consultar certificado, en donde el usuario ingresa el ID del termómetro para buscar el certificado correspondiente.

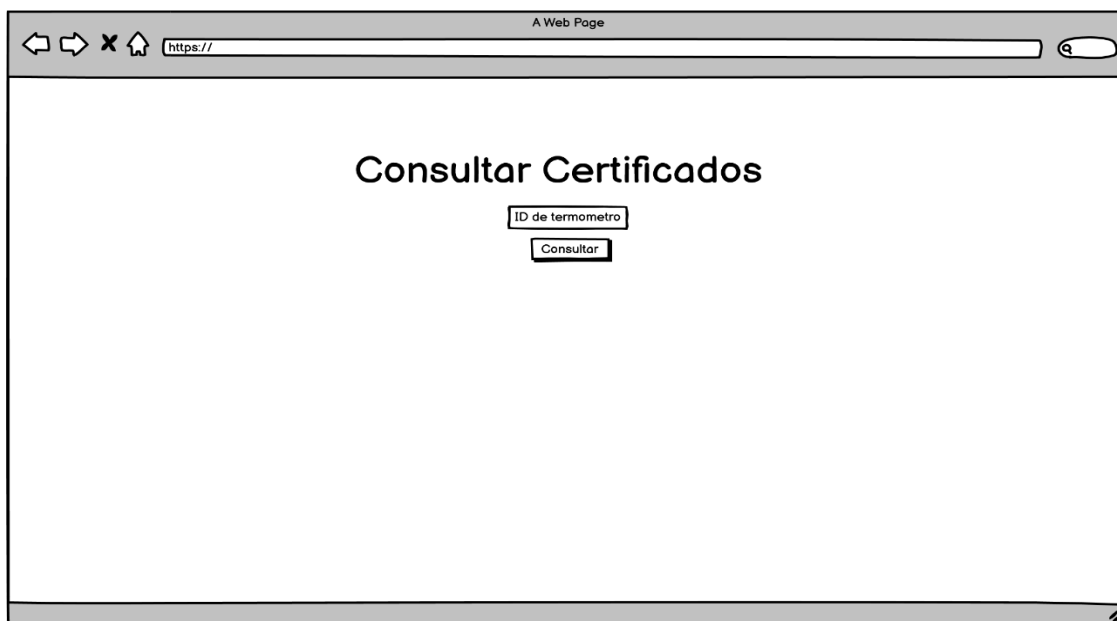


Figura 3.16 *Mockup* de consultar certificados

En la figura 3.17 se muestra la toma de datos para termómetros de lectura directa (TLD).

A Web Page

https://

Toma de datos para la calibración TLD

Datos cliente e instrumento

Nombre:

Dirección:

Instrumento: Marca: Modelo: Fecha de recepción:

Registro MSV: Serie: Div. Min: Fecha de calibración:

orden de serv: #instrumento & dato after numero de orden:

Resolución: Alcance de medición: ID instrumento: C.E:

El "°C" ó "°F" se selecciona automáticamente de la opción anterior Igual se basa en la primera selección de grados same

Instrumento: Orden de servicio: -2023

Introducir el consecutivo del instrumento a calibrar Introducir solo el número consecutivo de los ordenes de servicio

Mediciones

Temperatura:

Lectura	Patrón	Instrumento
1		
2		
3		
4		

M. Térmico

Formula tomando datos de arriba

Condiciones ambientales

Iniciales Temperatura de hielo: Temperatura de amb: Humedad: H.R.	Finides Temperatura de hielo: Temperatura de amb: Humedad: H.R.
--	--

Calibró:

MSV/EAT-03: BAÑO ETILENGLICOL (- 15° A 90°), MSV/EAT- 04: BAÑO ACEITE DE SILICÓN (90° A 240°), MSV/EAT-05:POZO SECO(240° A 420°).

Figura 3.17 *Mockup* de toma de datos de termómetro de lectura directa.

En la figura 3.18 se muestra la toma de datos para termómetros de líquido en vidrio (TLV).

A Web Page

https://

Toma de datos para la calibración TLV

Datos cliente e instrumento

Nombre:

Dirección:

Inmersión: Marca: Modelo: Fecha recepción:

Registro MSV: Serie: Div. Mínima: Fecha calibración:

Resolución: Alcance de medición: ID, Inst: Liq. Termometrico:

Instrumento: Orden de servicio:

Mediciones

Temperatura:

Lectura	Patrón	Instrumento
1		
2		
3		
4		

Term. Aux	Temp	Res	Temp	Res

° Inmersión:

M. Termico:

Condiciones ambientales

Iniciales	Temp. Hielo	Temp. Amb.	Humedad

Finales	Temp. Hielo	Temp. Amb.	Humedad

Calibró:

Figura 3.18 *Mockup* de toma de datos de termómetro de líquido en vidrio.

Y, por último, en la figura 3.19 se muestra el certificado que se genera tanto para termómetros de lectura directa como de líquido en vidrio.

Certificado de calibración TLD													
	CERTIFICADO No. FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE CALIBRACIÓN FECHA DE EMISIÓN FECHA DE SERVICIO												
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: DIRECCIÓN: DATOS DEL INSTRUMENTO NOMBRE: MARCA: MODELO: No. SERIE: REGISTROS MSV: IDENTIFICACIÓN: UNIDADES: ALCANCE DE MEDICIÓN: A DIVISIÓN MÍNIMA: DATOS DE LOS PATRONES UTILIZADOS CON TRAZABILIDAD A PATRONES NACIONALES <table style="width: 100%;"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>MARCA</th> <th>MODELO</th> <th>INCERTIDUMBRE</th> <th>No. CERTIFICADO/INFORME</th> <th>TRAZABILIDAD</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> PROCEDIMIENTO UTILIZADO: MÉTODO UTILIZADO: LUGAR DE LA CALIBRACIÓN: CONDICIONES AMBIENTALES TEMPERATURA AMB: HUMEDAD RELATIVA: CALIBRÓ: Signatario Autorizado. AUTORIZÓ: Coordinador técnico.		NOMBRE	MARCA	MODELO	INCERTIDUMBRE	No. CERTIFICADO/INFORME	TRAZABILIDAD						
NOMBRE	MARCA	MODELO	INCERTIDUMBRE	No. CERTIFICADO/INFORME	TRAZABILIDAD								

Certificado de calibración TLD																																							
CERTIFICADO No. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">PATRÓN</th> <th colspan="3">INSTRUMENTO</th> </tr> <tr> <th>Valor de Referencia de la Magnitud</th> <th></th> <th>Indicación Promedio</th> <th>Error</th> <th>Incertidumbre expandida</th> </tr> <tr> <td>K</td> <td>°C</td> <td>°C</td> <td>°C</td> <td>± °C</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> Factor de conversión entre unidades: kelvin K= °C + 273,15 Celsius °C=(5/9) * (°F-32) Fahrenheit °F=(9/5) * °C + 32 Este documento es propiedad de la empresa y no debe ser reproducido o distribuido sin el consentimiento escrito de la misma. Toda reproducción o distribución no autorizada será considerada una infracción de los derechos de propiedad intelectual de la empresa y dará lugar a las acciones legales correspondientes. Este certificado es válido únicamente para el uso que se indica en él y no puede ser utilizado para otros fines. La validez del mismo depende de la correcta interpretación de los resultados obtenidos en la calibración y de la correcta aplicación de los factores de conversión indicados. El usuario debe asegurarse de que los datos obtenidos sean correctos y de que se hayan aplicado correctamente los factores de conversión indicados. Este certificado es válido únicamente para el uso que se indica en él y no puede ser utilizado para otros fines. La validez del mismo depende de la correcta interpretación de los resultados obtenidos en la calibración y de la correcta aplicación de los factores de conversión indicados. El usuario debe asegurarse de que los datos obtenidos sean correctos y de que se hayan aplicado correctamente los factores de conversión indicados.					PATRÓN		INSTRUMENTO			Valor de Referencia de la Magnitud		Indicación Promedio	Error	Incertidumbre expandida	K	°C	°C	°C	± °C																				
PATRÓN		INSTRUMENTO																																					
Valor de Referencia de la Magnitud		Indicación Promedio	Error	Incertidumbre expandida																																			
K	°C	°C	°C	± °C																																			

Figura 3.19 *Mockup* del certificado generado para TLD y TLV

En la figura 3.20 se muestra cómo será la predicción de lectura. En donde el usuario va a introducir el número del punto a calibrar y posteriormente se calculará con el botón que aparece en pantalla.

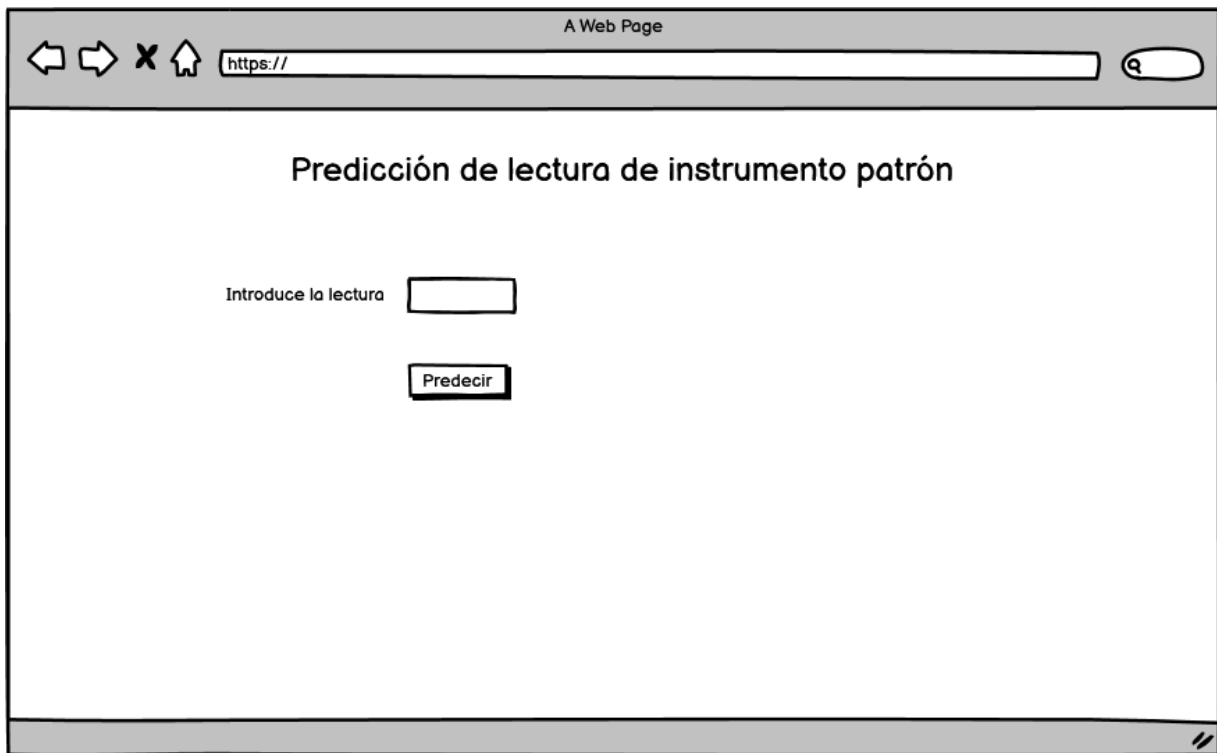


Figura 3.20 *Mockup* de predecir lectura.

3.5 Modelo de procesos

El modelo de procesos describe de manera más detallada los datos salida y de entrada en las diferentes opciones que presenta la aplicación web. Es decir, representa el flujo que tienen las acciones de las clases. Para mostrar dichos procesos, se integran los siguientes diagramas de actividades con estereotipos.

En la figura 3.21 se muestra el proceso del caso “predecir lectura”.

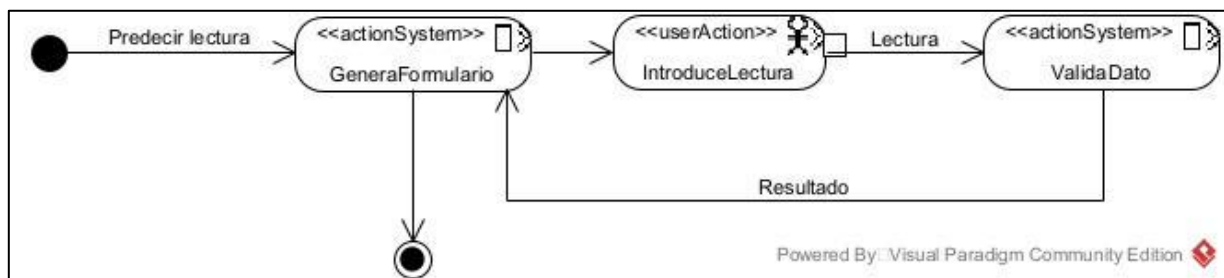


Figura 3.21 Diagrama de actividades del caso “predecir lectura”.

Asimismo, en la figura 3.22 se muestra el proceso de la aplicación para el caso “calcular incertidumbre”.

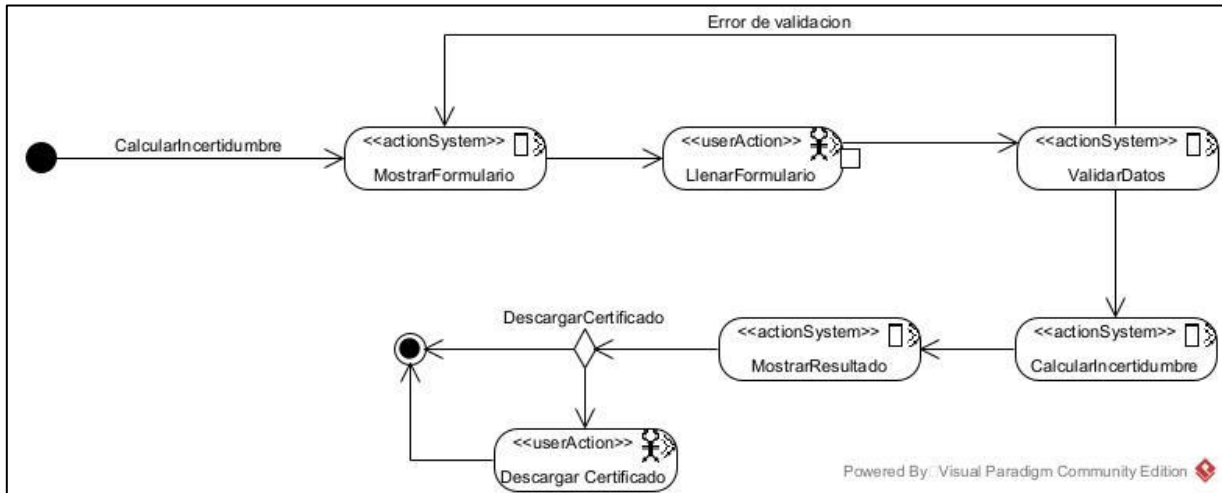


Figura 3.22 Diagrama de actividades para el caso “calcular incertidumbre”.

Y, por último, en la figura 3.23 se muestra el proceso para el caso “consultar toma de datos”.

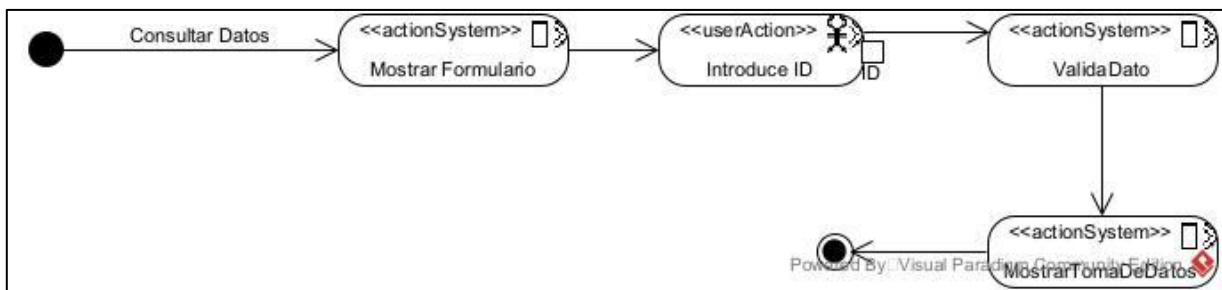


Figura 3.23 Diagrama de actividades para el caso “consultar toma de datos”.

3.6 Actividades Complementarias

Con el objetivo de ofrecer un mejor panorama de la aplicación web y complementar los artefactos de la metodología UWE, se realizó el diseño de la arquitectura de la aplicación web y la estructura de la base de datos, así como también se describe el proceso de elección del algoritmo de regresión.

3.6.1 Arquitectura

La arquitectura de la aplicación web se muestra en la figura 3.24, en la que se eligió el patrón arquitectónico MVC (Modelo-Vista-Controlador), esto ya que se utiliza el paradigma orientado a objetos para el desarrollo del sistema, por lo que el patrón MVC permite su implementación.

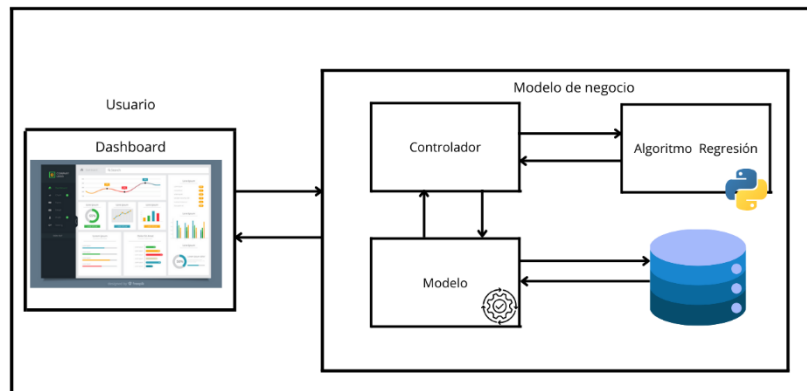


Figura 3.24 Arquitectura de la aplicación web.

Usuario: la capa de usuario se refiere a la parte de “Vista”, en la cual se le van a mostrar al usuario todas las interfaces con toda la información anteriormente mencionada, donde se utilizará HTML (HyperText Markup Language) y Bootstrap.

Modelo de negocio: en esta capa, se tienen los siguientes componentes:

Controlador: La función de este componente es la de servir como intermediario entre la vista y el modelo, para que el usuario final acceda a las funcionalidades de la aplicación a través de las interfaces.

Modelo: Las funciones principales consisten en gestionar las conexiones con la base de datos, para almacenar información resultante de las operaciones en el controlador o también para mostrar información ya existente.

Algoritmo de regresión: esta sección contiene el algoritmo de regresión ya entrenado para ser utilizado por el controlador.

3.6.2 Estructura de la base de datos

En la figura 3.25 se muestra la estructura de la base de datos en donde estará almacenada la información del sistema desde los clientes, las órdenes, los instrumentos, la información de temperatura, las mediciones y las condiciones ambientales.

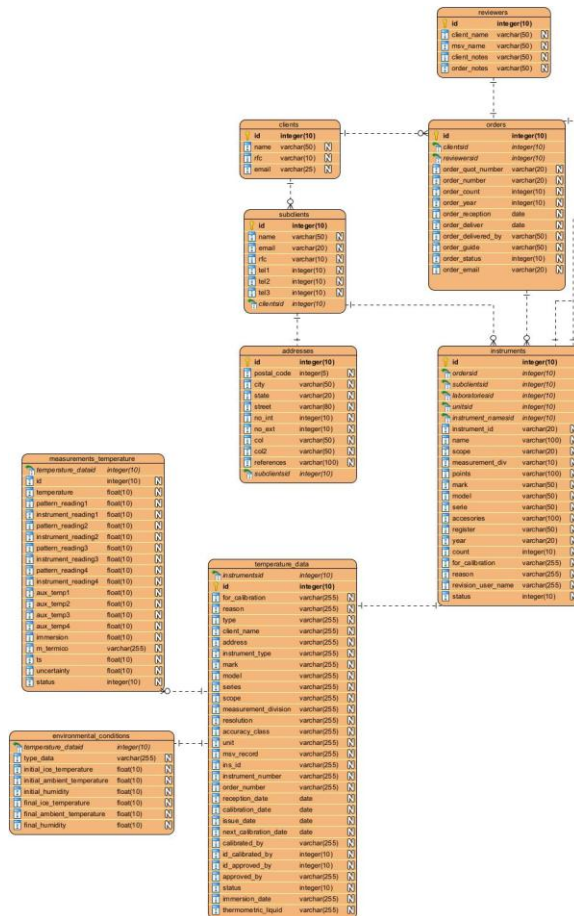


Figura 3.25 Diseño de la base de datos del instrumento patrón

En la figura 3.26 de muestran las tablas que se van a utilizar en la parte de temperatura.

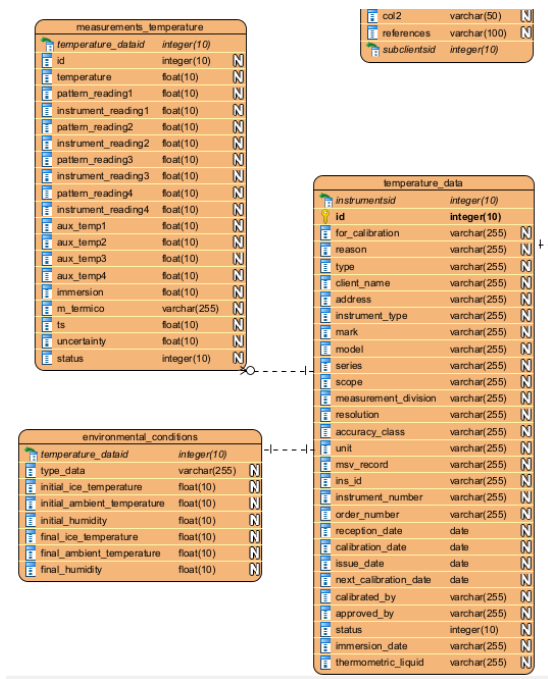


Figura 3.26 Tablas de temperatura

3.6.3 Algoritmos de regresión

A continuación, se explica el proceso realizado para extraer los datos necesarios para la elección del algoritmo correcto de regresión, así como también el proceso para entrenar el modelo.

3.6.3.1 Extracción de datos

Actualmente, las calibraciones de los instrumentos se encuentran en documentos de *Excel*, por lo que se extrajeron datos de celdas específicas realizando un *script* en *Python* para lograrlo, el cual se muestra en la figura 3.27. En las líneas 11 a 24 se eligen las celdas que se van a extraer del documento, posteriormente se abre cada uno de los documentos de Excel que existan en la carpeta seleccionada en la línea 5.

```

1 import os
2 import xlwings as xw
3
4 # RUTA DE LA CARPETA CON LOS ARCHIVOS EXCEL
5 carpeta_excel = 'C:/Users/pablo/Documents/Maestria/Semestre 3/Tesis/Temperatura/Calibraciones/2024/TLD/'
6
7 # RUTA DEL EXCEL DESTINO
8 excel_destino = 'C:/Users/pablo/Documents/Maestria/Semestre 3/Tesis/Temperatura/Calibraciones/ConjuntoDatosTLD - d
9
10 # Lista de celdas
11 celdas = ['C11', 'G11', 'L11', 'H12', 'M12', 'R12', 'C13', 'P13', 'T13', 'C14', 'G51', 'G52', 'G53', 'P51', 'P52', 'P53',
12           'C19', 'E19', 'C20', 'E20', 'C21', 'E21', 'C22', 'E22', 'G17', 'G19', 'I19',
13           'G20', 'I20', 'G21', 'I21', 'G22', 'I22', 'K17', 'K19', 'M19', 'K20', 'M20',
14           'K21', 'M21', 'K22', 'M22', 'O17', 'O19', 'Q19', 'O20', 'Q20', 'O21', 'Q21',
15           'O22', 'Q22', 'O25', 'C27', 'E27', 'C28', 'E28', 'C29', 'E29', 'C30', 'E30',
16           'G25', 'G27', 'I27', 'G28', 'I28', 'G29', 'I29', 'G30', 'I30', 'K25', 'K27',
17           'M27', 'K28', 'M28', 'K29', 'M29', 'K30', 'M30', 'O25', 'O27', 'Q27', 'O28',
18           'Q28', 'O29', 'Q29', 'O30', 'Q30', 'O33', 'C35', 'E35', 'C36', 'E36', 'C37',
19           'E37', 'C38', 'E38', 'G33', 'G35', 'I35', 'G36', 'I36', 'G37', 'I37', 'G38',
20           'I38', 'K33', 'K35', 'M35', 'K36', 'M36', 'K37', 'M37', 'K38', 'M38', 'O33',
21           'O35', 'Q35', 'O36', 'Q36', 'O37', 'Q37', 'O38', 'Q38', 'O41', 'C43', 'E43',
22           'C44', 'E44', 'C45', 'E45', 'C46', 'E46', 'G41', 'G43', 'I43', 'G44', 'I44',
23           'G45', 'I45', 'G46', 'I46', 'K41', 'K43', 'M43', 'K44', 'M44', 'K45', 'M46',
24           'M46', 'O41', 'O43', 'Q43', 'O44', 'Q44', 'O45', 'Q45', 'O46', 'Q46']
25
26 # Abrir la aplicación de Excel en segundo plano
27 app = xw.App(visible=False)
28
29 # Abrir el libro de Excel destino
30 wb_destino = app.books.open(excel_destino)
31
32 # Seleccionar la hoja de trabajo por su nombre
33 ws_destino = wb_destino.sheets['Hoja1']
34
35 # Obtener la fila donde se agregarán los datos (fila siguiente a la última fila con datos)
36 fila_inicial = ws_destino.range('A' + str(ws_destino.cells.last_cell.row)).end('up').row + 1
37
38 # Recorrer todos los archivos en la carpeta
39 for archivo in os.listdir(carpeta_excel):
40     if archivo.endswith('.xlsx'):
41         ruta_archivo = os.path.join(carpeta_excel, archivo)

```

Figura 3.27 Script en Python para extraer datos de TLD

Para termómetros de líquido en vidrio (TLV), las celdas se encuentran en diferentes posiciones, por lo que también se realizó un script para esas calibraciones, en la figura 3.28 se muestra el script para TLV.

```

1 import os
2 import xlwings as xw
3
4 # RUTA DE LA CARPETA CON LOS ARCHIVOS EXCEL
5 carpeta_excel = 'C:/Users/pablo/Documents/Maestria/Semestre 3/Tesis/Tempe
6
7 # RUTA DEL EXCEL DESTINO
8 excel_destino = 'C:/Users/pablo/Documents/Maestria/Semestre 3/Tesis/Tempe
9
10 # Lista de celdas
11 celdas=['C10','G10','L10','H11','M11','S11','C12','N12','C13','T12',
12         'C16','B18','D18','B19','D19','B20','D20','B21','D21','C25',
13         'F16','F18','H18','F19','H19','F20','H20','F21','H21','F25',
14         'J16','J18','L18','J19','L19','J20','L20','J21','L21','J25',
15         'N16','N18','P18','N19','P19','N20','P20','N21','P21','N25',
16         'R16','R18','T18','R19','T19','R20','T20','R21','T21','R25',
17         'C29','B31','D31','B32','D32','B33','D33','B34','D34','C38',
18         'F29','F31','H31','F32','H32','F33','H33','F34','H34','F38',
19         'J29','J31','L31','J32','L32','J33','L33','J34','L34','J38',
20         'N29','N31','P31','N32','P32','N33','P33','N34','P34','N38',
21         'R29','R31','T31','R32','T32','R33','T33','R34','T34','R38',
22         'C42','B44','D44','B45','D45','B46','D46','B47','D47','C51',
23         'F42','F44','H44','F45','H45','F46','H46','F47','H47','F51',
24         'J42','J44','L44','J45','L45','J46','L46','J47','L47','J51',
25         'N42','N44','P44','N45','P45','N46','P46','N47','P47','N51',
26         'R42','R44','T44','R45','T45','R46','T46','R47','T47','R51']
27
28 # Abrir la aplicación de Excel en segundo plano
29 app = xw.App(visible=False)
30
31 # Abrir el libro de Excel destino
32 wb_destino = app.books.open(excel_destino)
33
34 # Seleccionar la hoja de trabajo por su nombre
35 ws_destino = wb_destino.sheets['Hoja1']

```

Figura 3.28 script en Python para extraer datos de TLV.

Después de realizar los scripts se obtuvieron 2 conjuntos de datos. Los cuales se muestran en las figuras 3.29 y 3.30 respectivamente.

Instrument	Marca	Modelo	Serie	Div	Minini	Fecha_Calibraci	Resoluci	ID_Instrument	Clase_exacti	Numero_Instrument	Punto1	Punto1_Patroi	Punto1_Instrumenti	Punto1_Patroi	Punto1_Instrumenti	Punto1_Patroi	Punto1_Instrumenti	Punto1_Patroi	Punto1_Instrumenti
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	80	1		25/07/2022	0.5	30	0.5	302	15	15.008	15.5	15.008	15.5	15.008	15.5	15.008	15.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	681	1		10/06/2022	0.5	3	0.5	233	15	15.01	14	15.01	14	15.01	14	15.01	14
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	977	1		10/06/2022	0.5	2	0.5	234	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	983	1		10/06/2022	0.5	3	0.5	235	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	1203	1		10/06/2022	0.5	4	0.5	236	15	15.01	16	15.01	16	15.01	16	15.01	16
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	1221	1		01/11/2022	0.5	SIN ID	0.5	396	10	10.024	10.5	10.024	10.5	10.024	10.5	10.024	10.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	1274	1		10/06/2022	0.5	5	0.5	237	15	15.01	14	15.01	14	15.01	14	15.01	14
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	1283	1		01/11/2022	0.5	SIN ID	0.5	395	10	10.024	9	10.024	9	10.024	9	10.024	9
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2065	1		25/07/2022	0.5	2065	0.5	300	15	15.008	15	15.008	15	15.008	15	15.008	15
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2093	1		31/09/2023	0.5	2093	0.5	117	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15	15.01	15
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2101	1		01/11/2022	0.5	SIN ID	0.5	397	10	10.024	10.5	10.024	10.5	10.024	10.5	10.024	10.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2116	1		01/11/2022	0.5	SIN ID	0.5	399	10	10.024	9	10.024	9	10.024	9	10.024	9
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2133	1		01/11/2022	0.5	SIN ID	0.5	398	10	10.024	7.5	10.024	7.5	10.024	7.5	10.024	7.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2134	1		25/07/2022	0.5	2134	0.5	301	15	15.008	14.5	15.008	14.5	15.008	14.5	15.008	14.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2734	1		31/09/2023	0.5	2734	0.5	116	15	15.01	14	15.01	14	15.01	14	15.01	14
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	2950	1		25/07/2022	0.5	2950	0.5	299	15	15.008	14	15.008	14	15.008	14	15.008	14
Digital	TAYLOR	9940N	5315	0.1		12/09/2022	0.1	FARMACIACMT C	0.2	305	2	2.013	2.8	2.013	2.8	2.013	2.8	2.013	2.8
Analógico	ERTCO	SIN MODE	8862	1		28/11/2022	0.5	88-LF-20-02	0.5	427	20	20.014	20.5	20.014	20.5	20.014	20.5	20.014	20.5
Analógico	KESSLER INSTRU	SIN MODE	9197	1		28/11/2022	0.5	88-LF-60-04	0.5	430	20	20.014	19.5	20.014	19.5	20.014	19.5	20.014	19.5
Digital	STEREN	TER-100	40363	0.1		12/09/2022	0.1	FARMACIACMT C	0.2	366	2	2.013	2.2	2.013	2.2	2.013	2.2	2.013	2.2
Digital	STEREN	TER-100	41426	0.1		17/02/2024	0.1	CMT-102	0.2	11	2	2.02	1.9	2.02	1.9	2.02	1.9	2.02	1.9
Analógico	CURTIN	SIN MODE	42896	1		31/08/2021	0.5	LB-80	0.5	262	10	10.019	10.5	10.019	10.5	10.019	10.5	10.019	10.5
Analógico	F. MANTEY B.	SIN MODE	9826	1		28/11/2022	0.5	88-LF-0-04	0.5	423	20	20.014	20	20.014	20	20.014	20	20.014	20
Digital	STANN HOPE	22110-9	102290	0.1		17/11/2022	0.1	LCR-05-114	0.5	458	37.8	37.822	37.7	37.822	37.7	37.822	37.7	37.822	37.7
Analógico	KESSLER SAFETY	8750-5B	121085	1		04/04/2022	0.5	SIN ID	0.5	163	15	15.018	15.5	15.018	15.5	15.018	15.5	15.018	15.5
Analógico	KESSLER SAFETY	8752-5B	124304	1		31/08/2021	0.5	LB-13	0.5	260	10	10.019	10	10.019	10	10.019	10	10.019	10
Analógico	KESSLER SAFETY	8750-5B	124353	1		07/09/2022	0.5	SIN ID	0.5	355	15	15.02	15	15.02	15	15.02	15	15.02	15
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1101	124816	0.5		20/04/2021	0.25	TH-124816	0.5	136	0	0.002	0.5	0.002	0.5	0.002	0.5	0.002	0.5
Analógico	KESSLER - USA	ASTM - 10	140889	1		04/01/2022	0.5	TH-140889	0.5	48	30								
Analógico	KESSLER - USA	ASTM - 10	140916	1		04/01/2022	0.5	TH-140916	0.5	50	30								
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	154730	1		15/04/2021	0.5	TH-154730	0.5	133	30	30.512	30	30.512	30	30.512	30	30.512	30
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	154862	1		13/12/2022	0.5	TH-154862	0.5	451	30	30.512	30	30.512	30	30.512	30	30.512	30
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	154862	1		16/04/2021	0.5	TH-154862	0.5	131	30	30.002	30	30.002	30	30.002	30	30.002	30
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	154942	1		21/12/2021	0.5	TH-154942	0.5	373	30	30.166	30	30.166	30	30.166	30	30.166	30
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	171523	1		08/11/2021	0.5	171523	0.5	322	30	30.021	30	30.021	30	30.021	30	30.021	30
Analógico	CHASE-USA	ASTM 1011	171572	1		17/08/2022	0.5	171572	0.5	322	30	30.022	31	30.022	31	30.022	31	30.022	31
Analógico	CHASE-USA	ASTM-1011	171572	1		26/02/2023	0.5	171572	0.5	72	30	30.005	30	30.005	30	30.005	30	30.005	30

Figura 3.29 Conjunto de datos de TLD.

Adequado	Serie	Div_Minim	Fecha_Cal	Resolucio	ID_instru	Numero	Liq_termome	Punto_1	Punto_1_P	Punto_1_I	Punto_1_P	Punto_1_I	Punto_1_P	Punto_1_I	Punto_1_P	Punto_1_I	grad_inm	Punto_2
ASTM-	889229	0.2	21/09/2021	0.1	889229	279 MERCURIO	-20	-19.216	-20	-19.216	-20	-19.216	-20	-19.216	-20	-19.216	-20	-10
	352586	0.5	11/10/2021	0.25	DIRE-IM-122	280 ALCOHOL	-20	-20.013	-19.5	-20.013	-19.5	-20.013	-19.5	-20.013	-19.5	-20.013	-19.5	-30
	SIN SERIE	1	12/10/2021	0.5	DIRE-IM-53	287 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-28
	SIN SERIE	1	13/10/2021	0.5	DIRE-IM-54	288 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-34.5
	SIN SERIE	1	13/10/2021	0.5	DIRE-IM-55	289 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-57
	SIN SERIE	1	13/10/2021	0.5	DIRE-IM-56	290 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-50
	SIN SERIE	1	13/10/2021	0.5	DIRE-IM-57	291 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-26
	SIN SERIE	1	14/10/2021	0.5	DIRE-IM-58	292 MERCURIO	0	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	-39.5
	SIN SERIE	1	14/10/2021	0.5	DIRE-IM-59	293 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-36
	SIN SERIE	1	14/10/2021	0.5	DIRE-IM-60	294 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-38
	SIN SERIE	1	14/10/2021	0.5	DIRE-IM-61	295 MERCURIO	0	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	-50.5
	SIN SERIE	1	15/10/2021	0.5	DIRE-IM-62	296 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-49.5
	SIN SERIE	1	15/10/2021	0.5	DIRE-IM-63	297 MERCURIO	0	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	0.003	0.5	-30
	SIN SERIE	1	15/10/2021	0.5	DIRE-IM-64	298 MERCURIO	0	0.003	-1	0.003	-1	0.003	-1	0.003	-1	0.003	-1	-32
ASTM-	25312	0.5	14/10/2021	0.25	25312	299 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-30
ASTM-	40668	0.2	14/10/2021	0.1	40668	300 MERCURIO	-20	-20.004	-19.9	-20.004	-19.9	-20.004	-19.9	-20.004	-19.9	-20.004	-19.9	-20
ASTM-	15496	0.5	14/10/2021	0.25	14966	301 MERCURIO	-4	-4.007	-4	-4.007	-4	-4.007	-4	-4.007	-4	-4.007	-4	-5
ASTM-	2430	0.2	14/10/2021	0.1	2430	302 MERCURIO	75	75.008	75.2	75.008	75.2	75.008	75.2	75.008	75.2	75.008	75.2	62
ASTM-	1822	0.2	14/10/2021	0.1	1822	303 MERCURIO	100	100.005	100.2	100.005	100.2	100.005	100.2	100.005	100.2	100.005	100.2	90
	SIN SERIE	1	15/10/2021	0.5	4	304 MERCURIO	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-35
	SIN SERIE	1	15/10/2021	0.5	11	305 MERCURIO	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-10.014	-10	-35
ASTM-	816692	0.2	19/10/2021	0.1	816692	308 MERCURIO	20	20.009	20	20.009	20	20.009	20	20.009	20	20.009	20	20
ASTM-	888596	0.1	19/10/2021	0.1	888596	309 MERCURIO	37.8	37.811	37.9	37.811	37.9	37.811	37.9	37.811	37.9	37.811	37.9	34
ASTM-	372	1	20/10/2021	0.5	SILM-TDES-0	310 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-2
ASTM-	2211 0138	0.5	16/11/2021	0.25	211 0138	331 MERCURIO	-20	-20.011	-20	-20.014	-20	-20.011	-20	-20.011	-20	-20.011	-20	-29.5
ASTM-	A072244	1	17/11/2021	0.5	A072244	331 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	22.0
ASTM-	23478	0.5	17/11/2021	0.25	23478	332 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-22.5
ASTM-	706394	0.5	17/11/2021	0.25	706394	333 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-27.5
ASTM-	731244	0.5	17/11/2021	0.25	731244	334 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-24
ASTM-	19001	0.5	18/11/2021	0.25	19001	335 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-25.5
ASTM-	706178	0.5	18/11/2021	0.25	706178	336 MERCURIO	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	-30.5
ASTM-	7202	2	18/11/2021	1	7202	337 MERCURIO	100	100.036	102	100.036	102	100.036	102	100.036	102	100.036	102	42
ASTM-	643579	2	18/11/2021	1	643579	338 MERCURIO	100	100.036	104	100.036	104	100.036	104	100.036	104	100.036	104	20
ASTM-	40615	0.2	19/11/2021	0.1	40615	339 MERCURIO	-20	-19.020	-19.020	-19.043	-19.043	-19.020	-19.043	-19.043	-19.020	-19.043	-20	20
ASTM-	40638	0.5	19/11/2021	0.1	40638	340 MERCURIO	-20	-19.21	-20	-19.21	-20	-19.21	-20	-19.21	-20	-19.21	-20	10
ASTM-	15001	0.5	19/11/2021	0.25	15001	341 MERCURIO	-4	-4.018	-3.5	-4.018	-3.5	-4.018	-3.5	-4.018	-3.5	-4.018	-3.5	5
	SIN SERIE	1	22/11/2021	0.5	MSVCV-01	342 ALCOHOL	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	0.003	0	40

Figura 3.30 Conjunto de datos de TLV.

Teniendo los conjuntos de datos, se realizó una gráfica de tipo X, Y, donde se seleccionó la columna de 'fecha de calibración' como X, y se creó una nueva columna con la diferencia de 'Punto1_Patron1' menos la columna 'Punto_1', y esta columna se tomó para Y. Dando como resultado la figura 3.31.

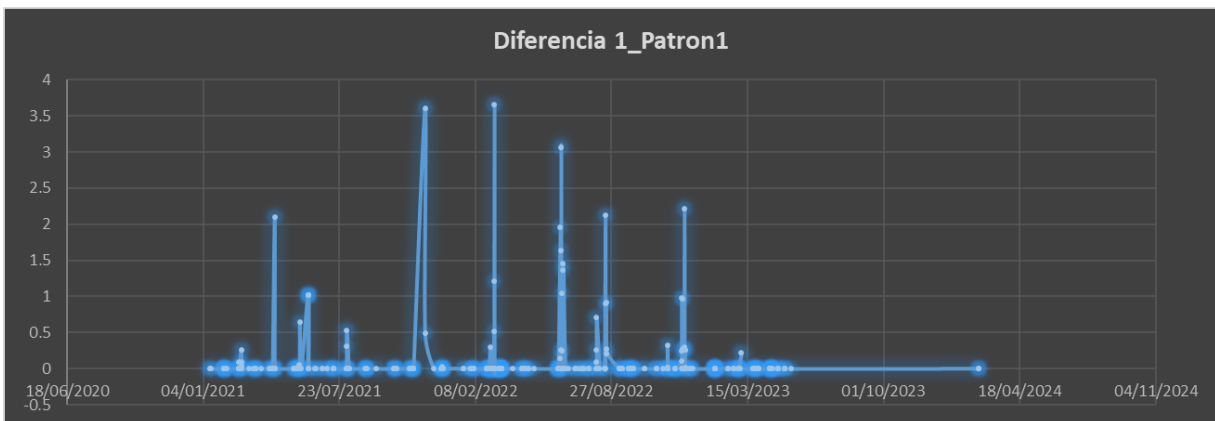


Figura 3.31 Gráfica X, Y.

La gráfica se realizó con el objetivo de elegir el algoritmo de regresión más adecuado para los datos, es por eso que se realizó un análisis de 3 algoritmos de regresión.

3.6.3.2 Tipos de algoritmos de regresión

1. Regresión lineal

La regresión lineal es la técnica de modelado más utilizada, la cual tiene una conexión entre una variable dependiente (Y) y una variable independiente (X) [8]. Y la gráfica que mejor representa esta técnica se muestra en la figura 3.32.

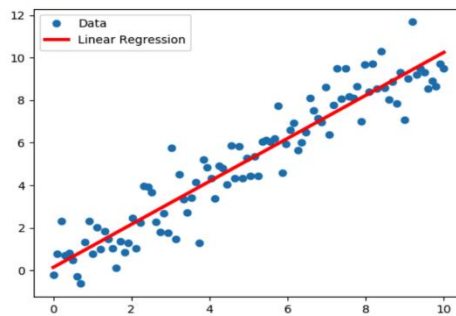


Figura 3.32 Regresión lineal.

2. Regresión polinómica.

La regresión polinómica es muy similar a la regresión lineal, ya que también existe relación entre variables dependientes e independientes [8]. Solamente que esta técnica se utiliza para representar una relación no lineal, así como se muestra en la figura 3.33.

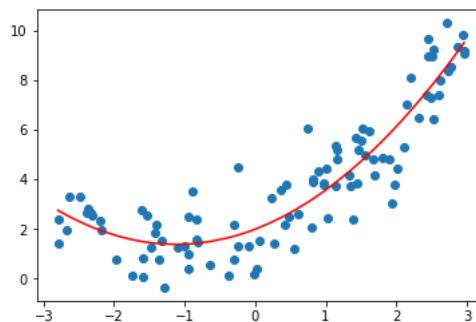


Figura 3.33 Regresión polinómica.

3. Árboles de regresión

Los árboles de regresión son un tipo de algoritmo de aprendizaje automático supervisado que se utiliza para modelar y predecir valores continuos. Son similares a los árboles de decisión de clasificación, solamente que, en este caso, en lugar de que sean cualitativos, son cuantitativos [9]. En la figura 3.34 se observa la gráfica de esta técnica.

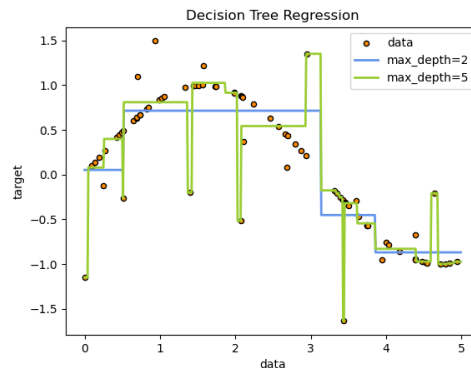


Figura 3.34 árboles de regresión.

3.6.3.3 Elección y comprobación de algoritmo

Teniendo en cuenta la información de la sección anterior y tomando en cuenta la gráfica X, Y que se generó previamente, el mejor algoritmo de regresión para el proyecto es el de 'Árboles de regresión'.

Para comprobarlo, se aplicó el algoritmo al conjunto de datos generado.

Lo primero que se realizó fue preparar el modelo y los datos de entrenamiento y aplicando el modelo con estos datos, dio como resultado la gráfica que se muestra en la figura 3.35.

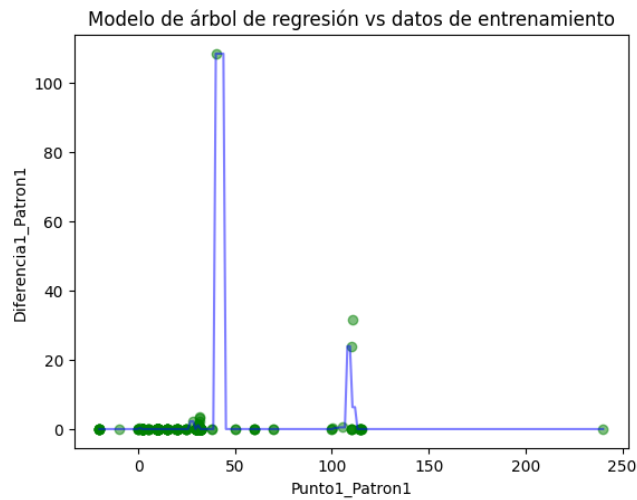


Figura 3.35 Modelo vs datos de entrenamiento.

En la figura 3.35 se observa que el modelo (lineal azul), toca casi todos los datos de entrenamiento (puntos verdes). Y como métricas arrojó las siguientes:

- MSE: 1.06
- MAE: 0.21

El error absoluto medio (MAE) y el error cuadrático medio (MSE) son medidas de la precisión en el modelo de regresión. Unos valores cercanos a 0 indican que el modelo tiene una alta precisión y valores altos indican que el modelo tiene una baja precisión [34].

En los resultados obtenido se observa que el modelo es bueno, ya que tiene una buena precisión. Pero aun así el modelo se mejora limpiando los datos. Por lo que en la figura 3.36 se observa la gráfica que dio como resultado el nuevo modelo.

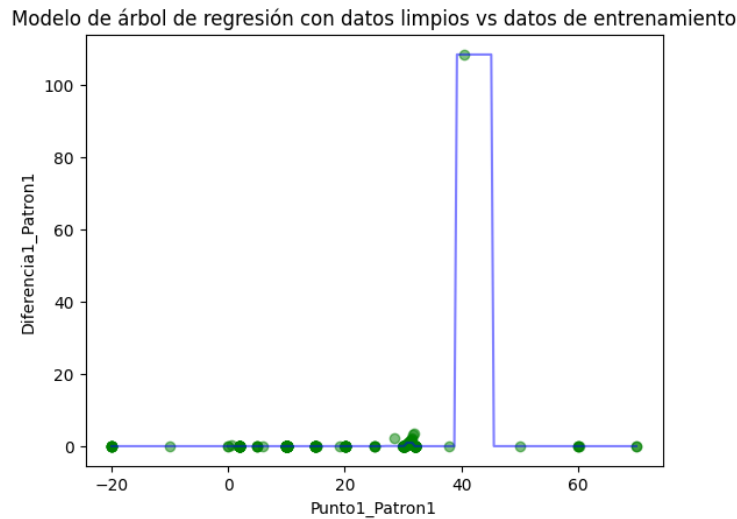


Figura 3.36 Modelo 2 vs datos de entrenamiento.

- MSE: 0.01
- MAE: 0.02

Una vez que se limpiaron los datos y se aplicó el modelo con estos datos, se obtuvieron unos resultados de MSE y MAE, muy cercanos a 0. Por lo que significa que el algoritmo de árboles de regresión es el indicado para el proyecto.

3.7 Desarrollo de la aplicación web

A continuación, se presenta la fase 3 de la metodología UWE. La cual es la codificación del software.

3.7.1 Dashboard

Como vista principal de la aplicación web se encuentra el *dashboard*, el cual contiene 3 gráficas; la primera gráfica muestra la cantidad total por tipo de termómetros, los cuales son TLD Y TLV.

La segunda gráfica muestra el número de modelos de los termómetros. Y la tercera gráfica muestra la cantidad total de órdenes que existen, agrupados por sus clientes.

De igual manera, se encuentra un formulario, donde se introduce la temperatura a calibrar.

En la figura 3.37 se muestra el *dashboard* de la aplicación.

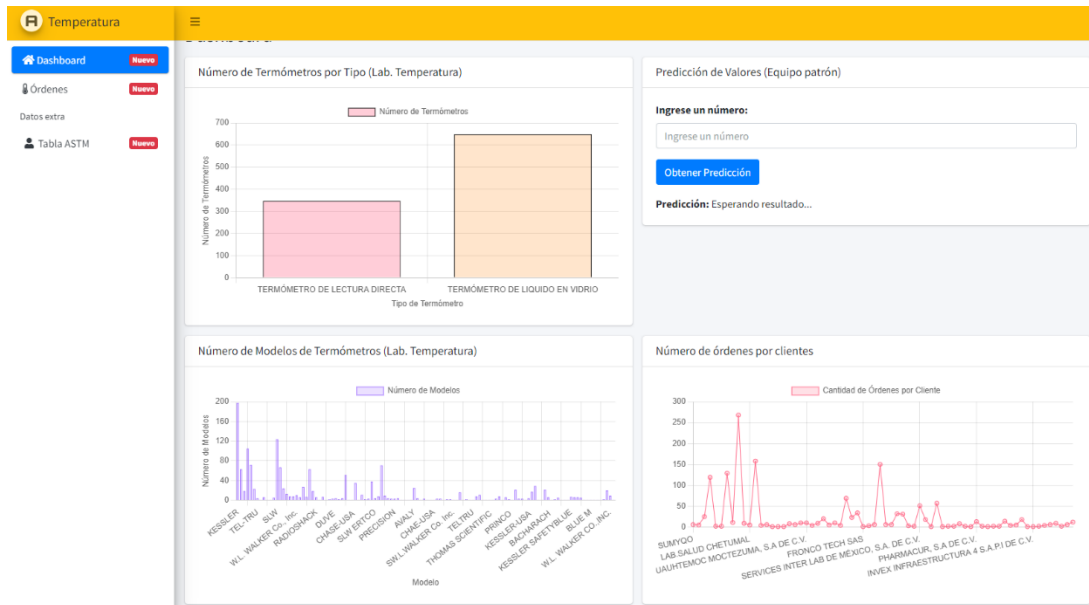


Figura 3.37 Dashboard

En la figura 3.38 se muestra el código del controlador del *dashboard* donde se realizan las consultas en la base de datos para las gráficas que se mencionaron anteriormente.

```

10 class DashboardController extends Controller{
11     public function index(){
12         // Contar TERMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA y TERMÓMETRO DE LÍQUIDO EN VIDRIO para ins_lab_id = 2
13         $termometersCount = Instrument::where('ins_lab_id', 2)
14             ->select('ins_instrument_name', \DB::raw('count(*) as total'))
15             ->whereIn('ins_instrument_name', ['TERMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA', 'TERMÓMETRO DE LÍQUIDO EN VIDRIO'])
16             ->groupBy('ins_instrument_name')
17             ->get();
18
19         // Contar modelos de termómetros (ins_mark) para ins_lab_id = 2
20         $models = Instrument::where('ins_lab_id', 2)
21             ->select('ins_mark', \DB::raw('count(*) as total'))
22             ->groupBy('ins_mark')
23             ->get();
24
25         // Contar órdenes por cliente
26         $clientOrders = \DB::table('orders')
27             ->join('clients', 'orders.ord_cli_id', '=', 'cli_id')
28             ->join('instruments', 'ord_id', '=', 'instruments.ins_ord_id')
29             ->where('instruments.ins_lab_id', 2)
30             ->select('clients.cli_business_name', \DB::raw('count(ord_id) as total_orders'))
31             ->groupBy('clients.cli_business_name')
32             ->get();
33
34         return view('dashboard', compact('termometersCount', ...var_names: 'models', 'clientOrders'));
35     }
36 }

```

Figura 3.38 Código de consulta de datos de graficas.

En la figura 3.39 se muestra el código del controlador del *dashboard* donde se hace la conexión con el script en Python para utilizar el algoritmo de árboles de regresión.

```

30 public function predict(Request $request)
31 {
32     try {
33         $inputData = $request->input('number');
34
35         // Verificar que el número de entrada no esté vacío
36         if (empty($inputData)) {
37             throw new \Exception('Número de entrada no proporcionado.');
```

Figura 3.39 Conexión con script de Python.

Y, por último, en la figura 3.40 se muestra el script en *Python* que hace uso directo del modelo de árboles de regresión.

```

1 import sys
2 import joblib
3 import numpy as np
4 import json
5
6 def load_pkl_file(file_path, input_data):
7     try:
8         model = joblib.load(file_path)
9         pc = np.array([input_data]).reshape(-1, 1)
10        result = model.predict(pc)
11        return result.tolist() # Devolver el resultado como lista para JSON
12    except Exception as e:
13        raise RuntimeError(f'Error en el procesamiento del modelo: {str(e)}')
14
15 if __name__ == "__main__":
16     try:
17         if len(sys.argv) < 2:
18             raise ValueError("No se ha pasado el argumento de entrada")
19
20         file_path = r"C:\Users\pablo\Herd\blog\storage\scripts\modelo_arbol_decision_joblib.pkl"
21         input_data = float(sys.argv[1])
22
23         result = load_pkl_file(file_path, input_data)
24
25         # Devolver el resultado como JSON, sin prints adicionales
26         sys.stdout.write(json.dumps({"result": result}))
27    except Exception as e:
28        # Imprimir error en stderr para depuración
29        sys.stderr.write(json.dumps({"error": str(e)}))
30
```

Figura 3.40 Script en Python.

3.7.2 Toma de datos de termómetro de lectura directa

En la figura 3.41 se muestra la primera parte de la toma de datos para termómetros de lectura directa (TLD), en la cual se introducen datos del instrumento y del cliente.



Toma de datos para calibración TLD

Datos de cliente e instrumento

Nombre:
CAPITAL CIENTIFICA MEXICO S D R L DE C V

Dirección:
.

Instrumento: Seleccionar tipo **Marca:** F.MANTEY B. **Modelo:** SIN MODELO **N° de Serie:** 2278

Alcance de medición: 5 A 40 **Div. Min.:** 1 **Resolución:** 1 **C.E.:** **Unidades:** Seleccionar unidad **Registro MSV:** MSVOS138/T213-202 **ID Instrumento:** 2278

N° de Instrumento: T213-2023 **Orden de servicio:** MSVOS/138-2023 **Fecha de recepción:** 2023-07-13 **Fecha de calibración:**

Calibrado por: Seleccionar signatario

Figura 3.41 Primera parte de toma de datos TLD.

En la figura 4.42 se muestra la segunda parte de la toma de datos de TLD, donde se introducen las mediciones.



Mediciones

Temperatura
15

Lectura	Patrón	Instrumento
1		
2		
3		
4		

Medio termico: Elige un medio termico

Temperatura
20

Lectura	Patrón	Instrumento
1		
2		
3		
4		

Medio termico: Elige un medio termico

Figura 3.42 Segunda parte de toma de datos TLD.

Y en la figura 3.43 se muestra la tercera y última parte de la toma de datos de TLD.

Condiciones ambientales	
Iniciales	Finales
Temperatura de hielo: 	Temperatura de hielo:
Temperatura de ambiente: 	Temperatura de ambiente:
Humedad (H.R.): 	Humedad (H.R.):

Figura 3.43 Tercera parte de toma de datos de TLD.

3.7.3 Toma de datos de termómetro de líquido en vidrio.

En esta sección se muestra la toma de datos de termómetro de líquido en vidrio (TLV), pero cabe mencionar que la primera y tercera parte de la toma de datos contienen los mismos datos que la toma de datos de termómetros de lectura directa. Es por eso que solamente se muestra la figura 3.44, la cual es la segunda parte de la toma de datos, la cual es la parte de mediciones.

Mediciones					
Temperatura 			Temperatura 		
Lectura	Patrón	Instrumento	Lectura	Patrón	Instrumento
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
Lectura TERMOMETRO AUXILIAR			Lectura TERMOMETRO AUXILIAR		
1			1		
2			2		
Inmersión			Inmersión		
Medio termico Elige un medio termico ▼			Medio termico Elige un medio termico ▼		

Figura 3.44. Segunda parte de toma de datos de TLV.

3.7.4 Fórmulas de incertidumbre de termómetros de lectura directa

A continuación, se muestran las fórmulas del cálculo de incertidumbre ya desarrolladas en *PHP*.

```

498 // Iterar sobre las mediciones y calcular los promedios, desviacion y otros
499 foreach ($temperatureData->measurements_temperatures as $measurement) {
500     $patternReadings = [
501         $measurement->pattern_reading1,
502         $measurement->pattern_reading2,
503         $measurement->pattern_reading3,
504         $measurement->pattern_reading4
505     ];
506
507     $instrumentReadings = [
508         $measurement->instrument_reading1,
509         $measurement->instrument_reading2,
510         $measurement->instrument_reading3,
511         $measurement->instrument_reading4
512     ];
513
514     //PROMEDIO
515     $patternPromedio = array_sum($patternReadings) / count($patternReadings);
516     $patternPromedioFormateado = number_format($patternPromedio, decimals: 3);
517     $instrumentPromedio = array_sum($instrumentReadings) / count($instrumentReadings);
518     $instrumentPromedioFormateado = number_format($instrumentPromedio, decimals: 3);
519
520     //DESVIACION ESTANDAR
521     $patternDesviacion = $this->calculateStandardDeviation($patternReadings, $patternPromedioFormateado);
522     $patternDesviacionFormateado=number_format($patternDesviacion, decimals: 3);
523     $instrumentDesviacion = $this->calculateStandardDeviation($instrumentReadings, $instrumentPromedioFormateado);
524     $instrumentDesviacionFormateado=number_format($instrumentDesviacion, decimals: 3);

```

Figura 3.45 Fórmulas parte 1

```

526 //FUENTES DE INCERTIDUMBRE IBC
527 //Resolución
528 $resolucion=$temperatureData->resolution/sqrt( num: 12);
529 $resolucionFormateado=number_format($resolucion, decimals: 4);
530
531 //Repetibilidad
532 $repetibilidad=$instrumentDesviacion/sqrt( num: 12);
533 $repetibilidadFormateado=number_format($repetibilidad, decimals: 4);
534
535 //Clase exactitud
536 $clase_exactitud=$temperatureData->accuracy_class/sqrt( num: 12);
537 $clase_exactitudFormateado=number_format($clase_exactitud, decimals: 4);
538
539 //FUENTES DE INCERTIDUMBRE LABORATORIO
540 //CERTIFICADO
541 $certificado = 0.0;
542 if (in_array($measurement->m_termico, ['BANIO DE HIELO', 'MSV/EAT-03(-)', 'MSV/EAT-03(+)' ])) {
543     $certificado = 0.013;
544 }elseif($measurement->m_termico=='MSV/EAT-04'){
545     $certificado=0.021;
546 }elseif($measurement->m_termico=='MSV/EAT-05'){
547     $certificado=0.021;
548 }elseif ($measurement->temperature==420){
549     $certificado=0.020;
550 }
551
552

```

Figura 3.46 Fórmulas parte 2

```

554 //REPETIBILIDAD
555 $repetibilidadLAB=0.003;
556
557 //DERIVA
558 $deriva=0.0008;
559
560 //UNIFORMIDAD DE MEDIO
561 $uniformidad=0.0;
562 if($measurement->m_termico=='BANIO DE HIELO'){
563     $uniformidad = 0.001;
564 }elseif (in_array($measurement->m_termico,['MSV/EAT-03(-)', 'MSV/EAT-03(+)' ])){
565     $uniformidad = 0.0061;
566 }elseif ($measurement->m_termico=='MSV/EAT-04'){
567     $uniformidad = 0.005;
568 }elseif ($measurement->m_termico=='MSV/EAT-05'){
569     $uniformidad = 0.05;
570 }
571
572 //PH DE HIELO
573 $sphHielo=-0.01;
574
575 //ESTUDIO R%R
576 $syr=0.0;
577 if(in_array($measurement->m_termico,['BANIO DE HIELO', 'MSV/EAT-03(-)', 'MSV/EAT-03(+)' ])){
578     $syr=0.015;
579 }elseif ($measurement->m_termico=='MSV/EAT-04'){
580     $syr=0.10;
581 }elseif ($measurement->m_termico=='MSV/EAT-05'){
582     $syr=0.10;
583 }elseif ($measurement->temperature==420){
584     $syr=0.20;
585 }

```

Figura 3.47 Fórmulas parte 3

```

587 // Calcular la suma de los cuadrados
588 $sumaCuadrados = pow($resolucionFormateado, exponent: 2) +
589     pow($repetibilidadFormateado, exponent: 2) +
590     pow($clase_exactitudFormateado, exponent: 2) +
591     pow($certificado, exponent: 2) +
592     pow($repetibilidadLAB, exponent: 2) +
593     pow($deriva, exponent: 2) +
594     pow($uniformidad, exponent: 2) +
595     pow($sphHielo, exponent: 2) +
596     pow($syr, exponent: 2);
597
598
599
600 //Error
601 $error=$instrumentPromedioFormateado-$patternPromedioFormateado;
602 $errorFormateado=number_format($error, decimals: 1);
603
604 //Incertidumbre combinada
605 $incertidumbreCombinada=sqrt($sumaCuadrados);
606 $incertidumbreCombinadaFormateado=number_format($incertidumbreCombinada, decimals: 3);
607
608 //Incertidumbre expandida
609 $incertidumbreExpandida=$incertidumbreCombinadaFormateado*2;
610 $incertidumbreExpandidaFormateado=number_format($incertidumbreExpandida, decimals: 2);
611
612 //Combinada *F
613 $combinadaF=$incertidumbreCombinadaFormateado*1.8;
614 $combinadaFFormateado=number_format($combinadaF, decimals: 2);
615
616 //Expandida *F
617 $expandidaF=$combinadaFFormateado*2;
618 $expandidaFFormateado=number_format($expandidaF, decimals: 2);

```

Figura 3.48 Fórmula parte 4

3.7.5 Fórmulas de incertidumbre de termómetros de líquido en vidrio.

A continuación, se muestran las fórmulas para el cálculo de incertidumbre de termómetros de líquido en vidrio. Es importante mencionar que hay fórmulas similares a las de TLD, como el promedio y la desviación estándar.

```

626  foreach ($temperatureData->measurements_temperatures as $measurement) {
627
628      $patternReadings = [
629          $measurement->pattern_reading1,
630          $measurement->pattern_reading2,
631          $measurement->pattern_reading3,
632          $measurement->pattern_reading4
633      ];
634
635      $instrumentReadings = [
636          $measurement->instrument_reading1,
637          $measurement->instrument_reading2,
638          $measurement->instrument_reading3,
639          $measurement->instrument_reading4
640      ];
641
642      $auxReadings=[
643          $measurement->aux_temp1,
644          $measurement->aux_temp2,
645          $measurement->aux_temp3,
646          $measurement->aux_temp4
647      ];
648
649
650      //PROMEDIO INSTRUMENTO Y PATRON
651      $patternPromedio = array_sum($patternReadings) / count($patternReadings);
652      $patternPromedioFormateado = number_format($patternPromedio, decimals: 3);
653      $instrumentPromedio = array_sum($instrumentReadings) / count($instrumentReadings);
654      $instrumentPromedioFormateado = number_format($instrumentPromedio, decimals: 3);
655

```

Figura 3.49 Fórmulas de TLV parte 1

```

656      //DESVIACION ESTANDAR INSTRUMENTO Y PATRON
657      $patternDesviacion = $this->calculateStandardDeviation($patternReadings, $patternPromedioFormateado);
658      $patternDesviacionFormateado=number_format($patternDesviacion, decimals: 3);
659      $instrumentDesviacion = $this->calculateStandardDeviation($instrumentReadings, $instrumentPromedioFormateado);
660      $instrumentDesviacionFormateado=number_format($instrumentDesviacion, decimals: 3);
661
662      //PROMEDIO AUXILIAR
663      // Filtrar los valores no nulos
664      $filteredReadings = array_filter($auxReadings, function($value) {
665          return $value !== null && $value !== '';
666      });
667
668      // Verificar que hay valores válidos para evitar división por cero
669      if (count($filteredReadings) > 0) {
670          $auxPromedio = array_sum($filteredReadings) / count($filteredReadings);
671      } else {
672          $auxPromedio = null; // 0 un valor por defecto si no hay mediciones
673      }
674
675      // Verifica la unidad de temperatura y realiza la conversión si es necesario
676      if (strtolower($temperatureData->unit) === 'f') {
677          // Convierte el valor de Celsius a Fahrenheit
678          $auxPromedio = $auxPromedio * 9/5 + 32;
679      }

```

Figura 3.50 Fórmulas de TLV parte 2

```

683 //LONGITUD N
684 $measurement->immersion = (float)$measurement->immersion;
685 $patternPromedioFormateado = (float)$patternPromedioFormateado;
686 $longitudN=0.0;
687 if ($measurement->temperature < 0 && $measurement->immersion < 0) {
688     $longitudN = abs( num: $patternPromedioFormateado - $measurement->immersion);
689 } elseif ($measurement->temperature == 0 && $measurement->immersion < 0) {
690     $longitudN = abs( num: $patternPromedioFormateado + $measurement->immersion);
691 } elseif ($measurement->temperature > 0 && $measurement->immersion == 0) {
692     $longitudN = abs( num: $patternPromedioFormateado + $measurement->immersion);
693 } elseif ($measurement->temperature > 0 && $measurement->immersion > 0) {
694     $longitudN = abs( num: $patternPromedioFormateado - $measurement->immersion);
695 } else {
696     $longitudN = $patternPromedioFormateado + abs($measurement->immersion);
697 }
698 $longitudN=number_format($longitudN, decimals: 1);
699
700
701 //TEMP TS
702 $tempts=0.0;
703 if ($temperatureData->immersion_data == 'Total') {
704     $tempts=$patternPromedioFormateado;
705 }elseif ($temperatureData->immersion_data == 'Parcial') {
706     $tempts=$measurement->ts;
707 }

```

Figura 3.51 Fórmulas de TLV parte 3

```

709 //Coef. Liq. Term.
710 $coefLiqTerm=0.0;
711 if ($temperatureData->thermometric_liquid=='MERCURIO'){
712     $coefLiqTerm = 0.00016;
713 }elseif($temperatureData->thermometric_liquid=='ALCOHOL'){
714     $coefLiqTerm=0.00104;
715 }
716
717 //u Coef.Liq. Term.
718 $uCoefLiqTerm=(2*$coefLiqTerm)/100;
719 $uCoefLiqTerm=number_format($uCoefLiqTerm, decimals: 7);
720
721 //u Res. T. Aux
722 $uResTaux = sqrt( num: (pow((0.5 / sqrt( num: 6)), exponent: 2)) + pow( num: 0.08, exponent: 2) +
723     pow( num: 0.5, exponent: 2) + pow( num: 0.215, exponent: 2));
724 $uResTaux=number_format($uResTaux, decimals: 2);
725
726 //Correcion inst.
727 $correccionInst=0.0;
728 if ($temperatureData->immersion_data=='Parcial'){
729     $correccionInst = $coefLiqTerm*$longitudN*($tempts-$auxPromedio);
730 }elseif ($temperatureData->immersion_data=='Total'){
731     $correccionInst=$coefLiqTerm*$longitudN*($tempts-$auxPromedio);
732 }

```

Figura 3.52 Fórmulas de TLV parte 4

```

735 //Lec. Corregida instrumento
736 $LecCorregida=$patternPromedioFormateado+$correcionInst;
737
738
739 //Error medio
740 $ErrorMedio=$LecCorregida-$patternPromedioFormateado;
741 $ErrorMedio=number_format($ErrorMedio, decimals: 3);
742
743 //Resolución
744 $Resolucion=$TemperatureData->resolution/sqrt( num: 6);
745 $Resolucion=number_format($Resolucion, decimals: 4);
746
747 //Repetibilidad
748 $Repetibilidad=$patternDesviacionFormateado/sqrt( num: 4);
749 $Repetibilidad=number_format($Repetibilidad, decimals: 4);
750
751
752 //k n(ts-to)
753 $kn=($longitudN*($tempts-$auxPromedio))*$uCoefLiqTerm;
754 $kn=number_format($kn, decimals: 4);
755
756 //n k(ts-to)
757 $nk=($coefLiqTerm*($tempts-$auxPromedio))*$uResTaux;
758 $nk=number_format($nk, decimals: 4);
759 // (ts-to) KN
760 $ts=($longitudN*$coefLiqTerm)*$uResTaux;
761 $ts=number_format($ts, decimals: 4);

```

Figura 3.53 Fórmulas de TLV parte 5

```

769 //certificado
770 $certificado = 0.0;
771 if (in_array($measurement->m_termico, ['BANIO DE HIELO', 'MSV/EAT-03(-)', 'MSV/EAT-03(+)' ]){
772     $certificado = 0.013;
773 }elseif($measurement->m_termico=='MSV/EAT-04'){
774     $certificado=0.021;
775 }elseif($measurement->m_termico=='MSV/EAT-05'){
776     $certificado=0.021;
777 }elseif ($measurement->temperature==420){
778     $certificado=0.031;
779 }
780
781 //repetibilidad
782 $repetibilidadLab=0.006;
783
784 //deriva
785 $deriva=0.0008;
786
787 //punto de hielo
788 $hielo=0.0010;
789
790 //U de medios
791 $uniformidad=0.0;
792 if ($measurement->m_termico=='BANIO DE HIELO') {
793     $uniformidad = 0.001;
794 }elseif(in_array($measurement->m_termico,['MSV/EAT-03(-)', 'MSV/EAT-03(+)' ])){
795     $uniformidad=0.0061;
796 }elseif($measurement->m_termico=='MSV/EAT-04'){
797     $uniformidad=0.005;
798 }elseif ($measurement->m_termico=='MSV/EAT-05'){
799     $uniformidad=0.046;
800 }

```

Figura 3.54 Fórmulas de TLV parte 6

```

815 // Calcular la suma de los cuadrados
816 $sumaCuadrados = pow($resolucion, exponent: 2) +
817     pow($repetibilidad, exponent: 2) +
818     pow($kn, exponent: 2) +
819     pow($nk, exponent: 2) +
820     pow($ts, exponent: 2) +
821     pow($ce, exponent: 2) +
822     pow($certificado, exponent: 2) +
823     pow($repetibilidadLab, exponent: 2) +
824     pow($deriva, exponent: 2)+
825     pow($hielo, exponent: 2)+
826     pow($uniformidad, exponent: 2)+
827     pow($ryr, exponent: 2);
828
829 //Incertidumbre combinada
830 $incertidumbreCombinada=sqrt($sumaCuadrados);
831 $incertidumbreCombinada=number_format($incertidumbreCombinada, decimals: 3);
832
833 //Incertidumbre expandida
834 $incertidumbreExpandida=$incertidumbreCombinada*2;
835 $incertidumbreExpandida=number_format($incertidumbreExpandida, decimals: 3);
836
837 //Combinada °F
838 $combinadaF=$incertidumbreCombinada*1.8;
839 $combinadaF=number_format($combinadaF, decimals: 3);
840
841 $expandidaF=$combinadaF*2;
842 $expandidaF=number_format($expandidaF, decimals: 3);
843

```

Figura 3.55 Fórmulas de TLV parte 7

Capítulo 4. Resultados

A continuación, en este capítulo se describen los resultados obtenidos a partir de las fórmulas del cálculo de incertidumbre implementadas y probadas por el ingeniero encargado de los termómetros de lectura directa y de líquido en vidrio.

A través de la aplicación web, el usuario introduce las lecturas de los termómetros para posteriormente calcular la incertidumbre y generar el certificado correspondiente en PDF. De igual manera, a través del *dashboard* el usuario tiene la posibilidad de ingresar una lectura y gracias al algoritmo de árboles de regresión ya implementado, va a observar cuál será la posible diferencia que exista entre el punto a calibrar y la lectura del equipo patrón. Esto con la finalidad de estar preparados económicamente para enviar su equipo patrón a calibrar y seguir ofreciendo servicios de estimación de incertidumbre de calidad a sus clientes.

4.1 Resultados de las fórmulas

A continuación, se muestran las dos calibraciones que realizaron, una es de un termómetro de lectura directa y la otra de un termómetro de líquido en vidrio. Se van a mostrar las tomas de datos de dichas calibraciones, los resultados de las fórmulas y el certificado que el usuario le entrega su cliente.

4.1.1 Calibración de termómetro de lectura directa

Aquí se muestra la calibración del termómetro de lectura directa.

4.1.1.1 Toma de datos

En la figura 4.1 se muestra la sección de datos de cliente e instrumento de esta calibración.

Toma de datos para calibración TLD

Datos de cliente e instrumento

Nombre:

FUMIGACIONES SOLIS S.A DE C.V

Dirección:

Instrumento:

Digital

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

SIN MODELO

N° de Serie:

SIN SERIE

Alcance de medición:

-50 A 200

Div. Min.:

0.1

Resolución:

0.1

C.E:

0.5

Unidades:

C°

Registro "MSV":

MSVOS140/T215-2023

ID Instrumento:

FUMIGACIONES SOLÍS

de Instrumento:

T215-2023

Orden de servicio:

MSVOS/140-2023

Fecha de recepción:

2023-07-17

Fecha de calibración:

2024-09-02

Calibrado por:

Ing. Raquel Neblina Sarmiento

Figura 4.1 Sección de datos de cliente e instrumento de TLD.

En las figuras 4.2 y 4.3 se muestran la sección de mediciones de esta calibración.

Mediciones					
Temperatura			Temperatura		
20			35		
Lectura	Patrón	Instrumento	Lectura	Patrón	Instrumento
1	20.01	20.3	1	35.008	35.3
2	20.01	20.3	2	35.008	35.3
3	20.01	20.3	3	35.008	35.3
4	20.01	20.3	4	35.008	35.3
Medio termico	MSV/EAT-03(+)		Medio termico	MSV/EAT-03(+)	

Figura 4.2 Sección de mediciones de TLD.

Temperatura

50

Lectura	Patrón	Instrumento
1	50.021	50.4
2	50.021	50.4
3	50.021	50.4
4	50.021	50.4

Medio termico

MSV/EAT-03(+)

Figura 4.3 Sección de mediciones de TLD.

En la figura 4.3 se muestra la sección de condiciones ambientales de la calibración del termómetro de lectura directa.

Condiciones ambientales

Iniciales

Temperatura de hielo:

0

Temperatura de ambiente:

21.3

Humedad (H.R.):

53

Finales

Temperatura de hielo:

0

Temperatura de ambiente:

21.5

Humedad (H.R.):

58

Figura 4.4 Sección de condiciones ambientales de TLD.

4.1.1.2 Resultados de las fórmulas de termómetro de lectura directa.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados de cada una de las fórmulas que se aplican en la estimación de incertidumbre de termómetros de lectura directa. Es importante mencionar que cada uno de los resultados que se muestran a continuación ya están validados por parte del usuario.

Tabla 4.1 Resultados de fórmulas de termómetro de lectura directa.

Temperatura	20	35	50
Promedio Patrón	20.010	35.008	50.021
Desviación Estándar Patrón	0.000	0.000	0.000
Promedio Instrumento	20.300	35.300	50.400
Desviación Estándar Instrumento	0.000	0.000	0.000
Resolución	0.0289	0.0289	0.289
Repetibilidad	0.0000	0.0000	0.0000
Clase exactitud	0.1443	0.1443	0.1443
Certificado	0.013	0.013	0.013
Repetibilidad Laboratorio	0.003	0.003	0.003
Deriva	0.0008	0.0008	0.0008
Uniformidad	0.0061	0.0061	0.0061
PH Hielo	-0.01	-0.01	-0.01
R&R	0.015	0.015	0.015
Incertidumbre Combinada °C	0.149	0.149	0.149
Incertidumbre Expandida °C	0.30	0.30	0.30
Incertidumbre Combinada °F	0.27	0.27	0.27
Incertidumbre Expandida °F	0.54	0.54	0.54
Error	0.3	0.3	0.4

4.1.1.3 Certificado

A continuación, se muestra el certificado que genera el usuario para entregarlo a su cliente. Los datos del cliente se omiten en la siguiente imagen ya que son datos sensibles.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

ema

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

ACREDITADO T-80

CERTIFICADO NO.:	MSV-CT215-2023
FECHA DE RECEPCIÓN:	2023-07-17
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2024-09-02
FECHA DE EMISIÓN:	2024-09-10
SIGUIENTE CALIBRACIÓN:	2024-11-29
ORDEN DE SERVICIO:	MSVOS/140-2023

DATOS DEL CLIENTE

Nombre:

FUMIGACIONES SOLIS S.A DE C.V

Dirección:

DATOS DEL INSTRUMENTO

Nombre:

TERMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

SIN MODELO

Número de serie:

SIN SERIE

Registro MSV:

MSVOS140/T215-2023

Identificación:

FUMIGACIONES SOLÍS S.A DE C.V.

Unidades:

°Celsius

Alcance de medición:

-50 °C A 200 °C

División mínima:

0.1°C

Figura 4.5 Primera parte de certificado de calibración de TLD.

DATOS DE LOS PATRONES UTILIZADOS CON TRAZABILIDAD A PATRONES NACIONALES

Nombre:

Marca:

Modelo:

Incertidumbre:

No. Certificado/Informe:

Trazabilidad:

Sensor de resistencia de platino con indicador de temperatura

Instrulab

840 4202C-27

± 0.061 °C

LST-MSV-0652-19-A

Patrón nacional

Procedimiento utilizado:

Método utilizado:

Calibración de Termómetros de Lectura Directa MSV-7.2.1.2-PR-23

Directo por comparación

Lugar de calibración:

Laboratorio MSV

CONDICIONES AMBIENTALES

Temp amb.:

21.9±1 °C

Humedad relativa:

62.5±5% H.R

Ing. Raquel Neblina Sarmiento

CALIBRÓ:

Coordinador técnico.

Ing. Alejandro Gutiérrez Rojas

AUTORIZÓ:

Signatario autorizado.

Figura 4.6 Segunda parte de certificado de calibración de TLD.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

PATRÓN

INSTRUMENTO

Valor de referencia de la magnitud

Lectura Promedio

Error

Incertidumbre Expandida

K

°C

°C

°C

± °C

293.16

20.01

20.3

0.3

0.30

308.16

35.01

35.3

0.3

0.30

323.17

50.02

50.4

0.4

0.30

Activo

Activo

Activo

Factor de Conversión entre Unidades: kelvin K = °C + 273,15 Celsius °C = (5/9) · (°F-32) Fahrenheit °F = (9/5) · °C + 32

Error vs Instrumento Promedio

0.40

0.35

0.30

0.25

0.20

0.15

0.10

0.05

0

20.3

35.3

50.4

LECTURA PROMEDIO INSTRUMENTO °C

Figura 4.7 Tercera parte de certificado de calibración de TLD.

71

En la figura 4.7, se observa que, en la sección de resultados de la calibración, existe un botón con estado “Activo” al final de cada fila. La razón de ese botón se debe a que el usuario tiene la posibilidad de activar o desactivar algún punto de los que se calibraron para que en el PDF que se genera del certificado, no aparezca ese punto y al mismo tiempo, la gráfica se modifique.

En la figura 4.8 se muestra un ejemplo aplicando lo explicado.

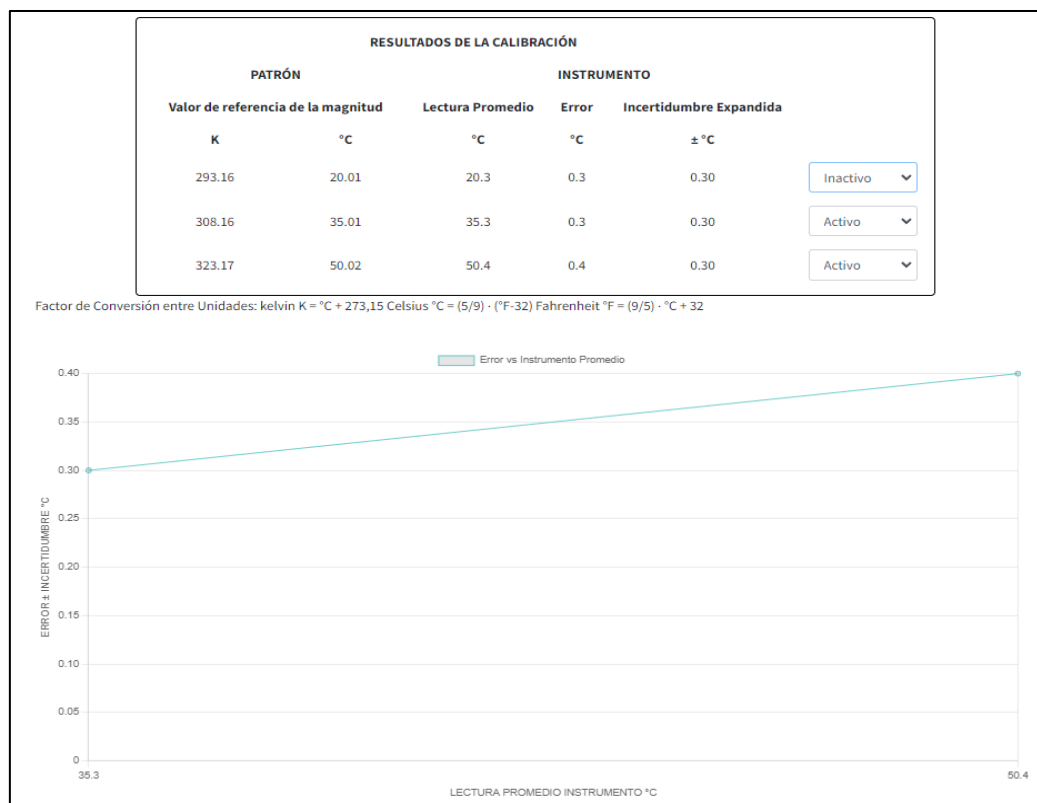


Figura 4.8 Tercera parte del certificado de calibración de TLD aplicando un botón inactivo.

En la figura 4.8 se aprecia que la primera fila de los resultados de calibración está en estado “Inactivo” y la gráfica ya se modificó automáticamente.

Y el último paso del certificado, es la generación del PDF, el cual se le entrega al cliente. En la figura 4.9 y 4.10 se muestra el certificado en formato PDF.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

ema

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

ACREDITADO T-80

CERTIFICADO NO.:	MSV-CT215-2023
FECHA DE RECEPCIÓN:	2023-07-17
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2024-09-02
FECHA DE EMISIÓN:	2024-09-10
SIGUIENTE CALIBRACIÓN:	2024-11-29
ORDEN DE SERVICIO:	MSVOS/140-2023

DATOS DEL CLIENTE

Nombre:

FUMIGACIONES SOLIS S.A DE C.V

Dirección:

DATOS DEL INSTRUMENTO

Nombre:

TERMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

SIN MODELO

Número de serie:

SIN SERIE

Registro MSV:

MSVOS140/T215-2023

Identificación:

FUMIGACIONES SOLÍS S.A DE C.V.

Unidades:

°Celsius

Alcance de medición:

-50 °C A 200 °C

División mínima:

0.1°C

DATOS DE LOS PATRONES UTILIZADOS CON TRAZABILIDAD A PATRONES NACIONALES

Nombre:

Marca:

Modelo:

Incertidumbre:

No. Certificado/Informe:

Trazabilidad:

Sensor de resistencia de platino con indicador de temperatura

Instrulab

840 4202C-27

± 0.061 °C

LST-MSV-0652-19-A

Patrón nacional

Procedimiento utilizado:

Calibración de Termómetros de Lectura Directa MSV-7.2.1.2-PR-23

Método utilizado:

Directo por comparación

Lugar de calibración:

Laboratorio MSV

CONDICIONES AMBIENTALES

Temp amb.:

21.9±1°C

Humedad relativa:

62.5±5% H.R

Ing. Raquel Neblina Sarmiento

CALIBRÓ:

Coordinador técnico.

Ing. Alejandro Gutiérrez Rojas

AUTORIZÓ:

Signatario autorizado.

VER RESULTADOS EN LA SIGUIENTE PÁGINA

Figura 4.9 Primera página del certificado en PDF.

73

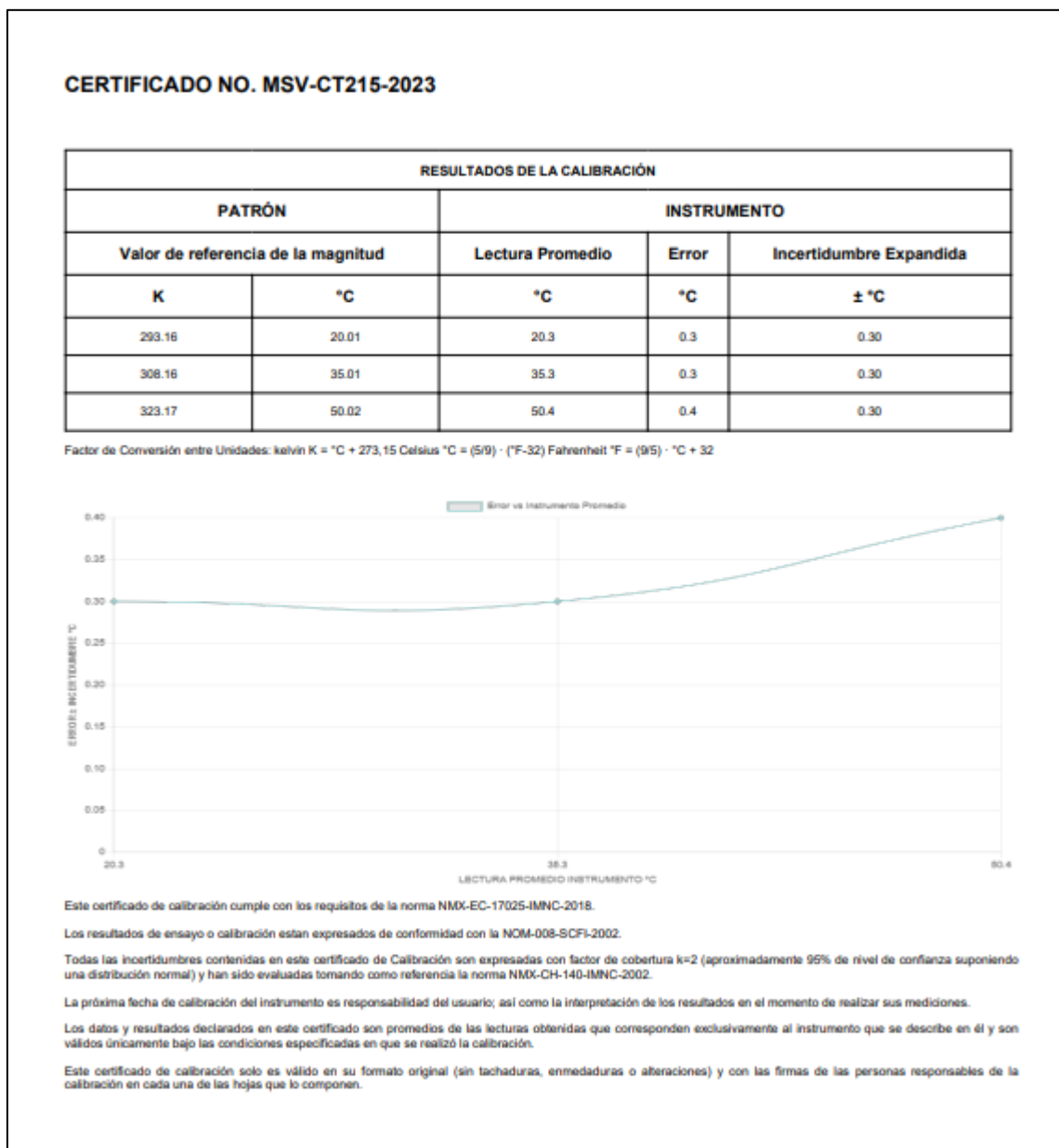


Figura 4.10 Segunda página del certificado PDF.

4.1.2 Calibración de termómetro de líquido en vidrio.

Aquí se muestra la calibración del termómetro de lectura directa.

4.1.2.1 Toma de datos

En la figura 4.11 se muestra la sección de datos de cliente e instrumento de esta calibración.

Toma de datos para calibración TLV

Datos de cliente e instrumento

Nombre:

INTERTEK TESTING SERVICES DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Dirección:

Inmersión:

Total

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

ASTM 12C

Nº de Serie:

2407 0148

Alcance de medición:

-20 A 102

Div. Min.:

0.2

Resolución:

0.2

Unidades:

C°

Registro "MSV":

MSVOS144/T217-2023

ID Instrumento:

2407 0148

Liq. Termométrico:

MERCURIO

Nº de Instrumento:

T217-2023

Orden de servicio:

MSVOS/144-2023

Fecha de recepción:

2023-07-17

Fecha de calibración:

2024-09-01

Calibrado por:

Ing. Alejandro Gutiérrez Rojas

Figura 4.11 Sección de datos de cliente e instrumento de TLV.

En la figura 4.12 se muestra la sección de mediciones de la calibración de TLV. En este caso solamente se van a mostrar 2 puntos de los 10 calibrados.

Mediciones

Temperatura

-20

Lectura	Patrón	Instrumento
1	-20.004	-20
2	-20.004	-20
3	-20.004	-20
4	-20.004	-20

Lectura

TERMOMETRO AUXILIAR

1	-6	1
2		

Inmersión

-20

Medio termico

MSV/EAT-03(-)

Temperatura

-10

Lectura	Patrón	Instrumento
1	-10.021	-10
2	-10.021	-10
3	-10.021	-10
4	-10.021	-10

Lectura

TERMOMETRO AUXILIAR

1	0	10
2		

Inmersión

-20

Medio termico

MSV/EAT-03(-)

Figura 4.12 Sección de mediciones de TLV.

En la figura 4.13 se muestra la sección de condiciones ambientales de termómetro de líquido en vidrio.

Condiciones ambientales

Iniciales

Temperatura de hielo:

0

Temperatura de ambiente:

20.8

Humedad (H.R.):

42

Finales

Temperatura de hielo:

0

Temperatura de ambiente:

21.2

Humedad (H.R.):

45

Figura 4.13 Sección de condiciones ambientales de TLV.

4.1.2.2 Resultados de las fórmulas de termómetro de líquido en vidrio.

En la tabla 4.2 se muestran los resultados de cada una de las fórmulas que se aplican en la estimación de incertidumbre de termómetros de líquido en vidrio. Es importante mencionar que cada uno de los resultados que se muestran a continuación ya están validados por parte del usuario.

Tabla 4.2 Resultados de fórmulas de termómetro de líquido en vidrio.

Temperatura	-20	-10
Promedio Patrón	-20.004	-10.021
Desviación Estándar Patrón	0.000	0.000
Promedio Instrumento	-20.000	-10.000
Desviación Estándar Instrumento	0.000	0.000
Promedio auxiliar	-2.500	5.000
Longitud N	0.0	10.0
Temp. TS	-20.004	-10.021
Coef. Liq. Term.	0.00016	0.00016
U Coef. Liq. Term.	0.0000032	0.0000032
U Res. T. Aux.	0.59	0.59
Corrección Inst.	0	-0.0240336
Lec. Corregida Inst.	-20.004	-10.0450336
Error medio	0.000	-0.024
Resolución	0.0816	0.0816
Repetibilidad	0.0000	0.0000
(k) $n(t_s - t_p)$	0.0000	-0.0005
(n) $K(t_s - t_o)$	-0.0017	-0.0014
$(t_s - t_o) K_n$	0.0000	0.0009
Ce.	0.0000	-0.0009
Certificado	0.013	0.013
Repetibilidad Lab.	0.006	0.006
Deriva.	0.0008	0.0008
Hielo.	0.001	0.001
Uniformidad	0.0061	0.0061
R&R	0.06	0.06
Incertidumbre combinada °C	0.102	0.102

Temperatura	-20	-10
Incertidumbre Expandida °C	0.204	0.204
Combinada °F	0.184	0.184
Expandida °F	0.368	0.368

4.1.2.3 Certificado

A continuación, se muestra el certificado que genera el usuario para entregarlo a su cliente.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

ema

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

ACREDITADO T-80

CERTIFICADO NO.:	MSV-CT217-2023
FECHA DE RECEPCIÓN:	2023-07-17
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2024-09-01
FECHA DE EMISIÓN:	2024-09-30
ORDEN DE SERVICIO:	MSVOS/144-2023

DATOS DEL CLIENTE

Nombre:

INTERTEK TESTING SERVICES DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Dirección:

DATOS DEL INSTRUMENTO

Nombre:

TERMÓMETRO DE LIQUIDO EN VIDRIO

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

ASTM 12C

Número de serie:

2407 0148

Registro MSV:

MSVOS144/T217-2023

Identificación:

2407 0148

Unidades:

°Celsius

Alcance de medición:

-20 °C A 102 °C

División mínima:

0.2°C

Figura 4.14 Primera parte de certificado de TLV.

DATOS DE LOS PATRONES UTILIZADOS CON TRAZABILIDAD A PATRONES NACIONALES					
Nombre:	Marca:	Modelo:	Incertidumbre:	No. Certificado/Informe:	Trazabilidad:
Sensor de resistencia de platino con indicador de temperatura	Instrulab	840 4202C-27	$\pm 0.061\text{ }^{\circ}\text{C}$	LST-MSV-0652-19-A	Patrón nacional

Procedimiento utilizado:	Calibración de Termómetros de Lectura Directa MSV-7.2.1.2-PR-23		
Método utilizado:	Directo por comparación	Lugar de calibración:	Laboratorio MSV

CONDICIONES AMBIENTALES			
Temp amb.:	21.5 $\pm$ 1 $^{\circ}$ C	Humedad relativa:	50.5 $\pm$ 5% H.R

Ing. Alejandro Gutiérrez Rojas CALIBRÓ: Signatario autorizado.	Ing. Raquel Neblina Sarmiento AUTORIZÓ: Coordinador técnico.
--	--

Figura 4.15 Segunda parte de certificado de TLV.

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN					
PATRÓN		INSTRUMENTO			
Valor de referencia de la magnitud		Lectura Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	
K	°C	°C	°C	± °C	
253.146	-20.004	-20.000	0.0	0.204	Activo ▼
263.129	-10.021	-10.000	0.0	0.204	Activo ▼
273.153	0.003	0.000	0.0	0.204	Activo ▼
283.152	10.002	10.000	0.0	0.204	Activo ▼
293.164	20.014	20.000	0.0	0.204	Activo ▼
303.17	30.02	30.000	0.0	0.204	Activo ▼
313.178	40.028	40.000	0.0	0.204	Activo ▼
323.163	50.013	49.900	-0.1	0.204	Activo ▼
333.17	60.02	59.800	-0.2	0.204	Activo ▼
343.165	70.015	69.600	-0.4	0.204	Activo ▼
353.16	80.01	79.400	-0.6	0.206	Activo ▼
363.176	90.026	99.100	9.1	0.206	Activo ▼
373.16	100.01	99.100	-0.9	0.248	Activo ▼

Factor de Conversión entre Unidades: kelvin K = °C + 273,15 Celsius °C = (5/9) · (°F-32) Fahrenheit °F = (9/5) · °C + 32

Figura 4.16 Tercera parte de certificado de TLV.

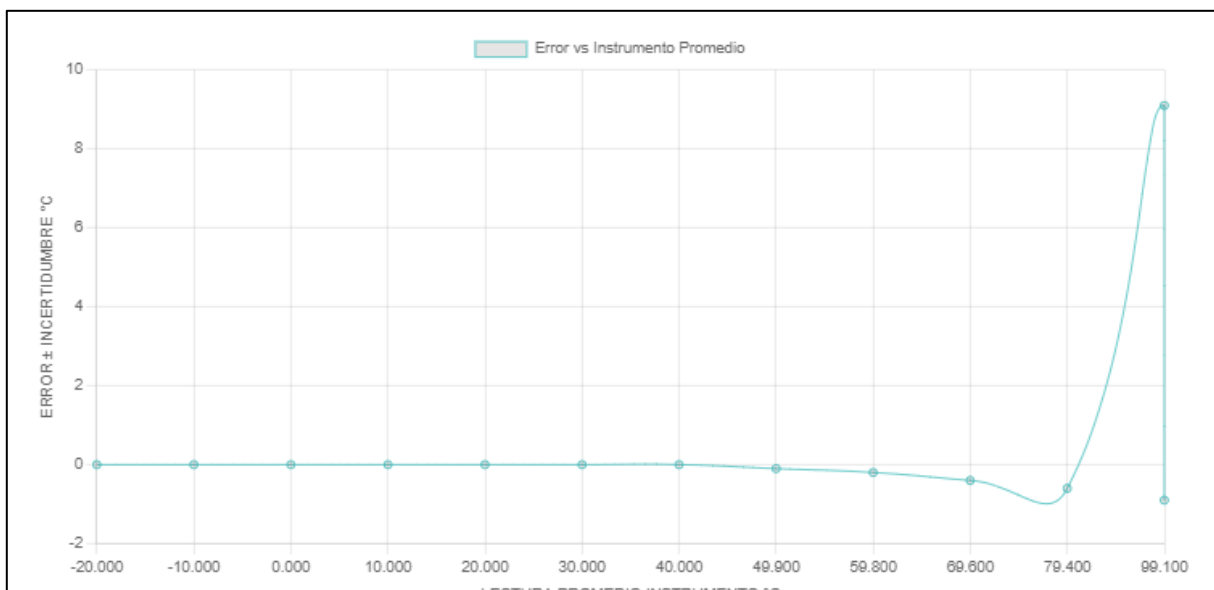


Figura 4.17 Cuarta parte de certificado de TLV.

Aquí es importante mencionar que en la figura 4.16, también se cuenta con los botones de “Activo” al final de cada fila. La razón es la misma que se explicó en el certificado del termómetro de lectura directa. Así que en este caso no se va a ejemplificar su uso ya que en la figura 4.8 se muestra el ejemplo de cómo funciona.

Y como en el caso anterior, el último paso de la calibración es la generación del PDF, el cual se muestra en las figuras 4.18 y 4.19.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

ACREDITADO T-80

CERTIFICADO NO.:	MSV-CT217-2023
FECHA DE RECEPCIÓN:	2023-07-17
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2024-09-01
FECHA DE EMISIÓN:	2024-09-30
ORDEN DE SERVICIO:	MSVOS/144-2023

DATOS DEL CLIENTE

Nombre:

INTERTEK TESTING SERVICES DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Dirección:

DATOS DEL INSTRUMENTO

Nombre:

TERMÓMETRO DE LIQUIDO EN VIDRIO

Marca:

ALLA FRANCE

Modelo:

ASTM 12C

Número de serie:

2407 0148

Registro MSV:

MSVOS144/T217-2023

Identificación:

2407 0148

Unidades:

° Celsius

Alcance de medición:

-20 °C A 102 °C

División mínima:

0.2°C

DATOS DE LOS PATRONES UTILIZADOS CON TRAZABILIDAD A PATRONES NACIONALES

Nombre:	Marca:	Modelo:	Incertidumbre:	No. Certificado/Informe:	Trazabilidad:
Sensor de resistencia de platino con indicador de temperatura	Instrulab	840 4202C-27	± 0.061 °C	LST-MSV-0652-19-A	Patrón nacional

Procedimiento utilizado:

Calibración de Termómetros de Lectura Directa MSV-7.2.1.2-PR-23

Método utilizado:

Directo por comparación

Lugar de calibración:

Laboratorio MSV

CONDICIONES AMBIENTALES

Temp amb.:

21.5±1°C

Humedad relativa:

50.5±5% H.R

Ing. Alejandro Gutiérrez Rojas

CALIBRÓ:

Signatario autorizado.

Ing. Raquel Nebelina Sarmiento

AUTORIZÓ:

Coordinador técnico.

VER RESULTADOS EN LA SIGUIENTE PÁGINA

Figura 4.18 Primera página del certificado de TLV en PDF.

82

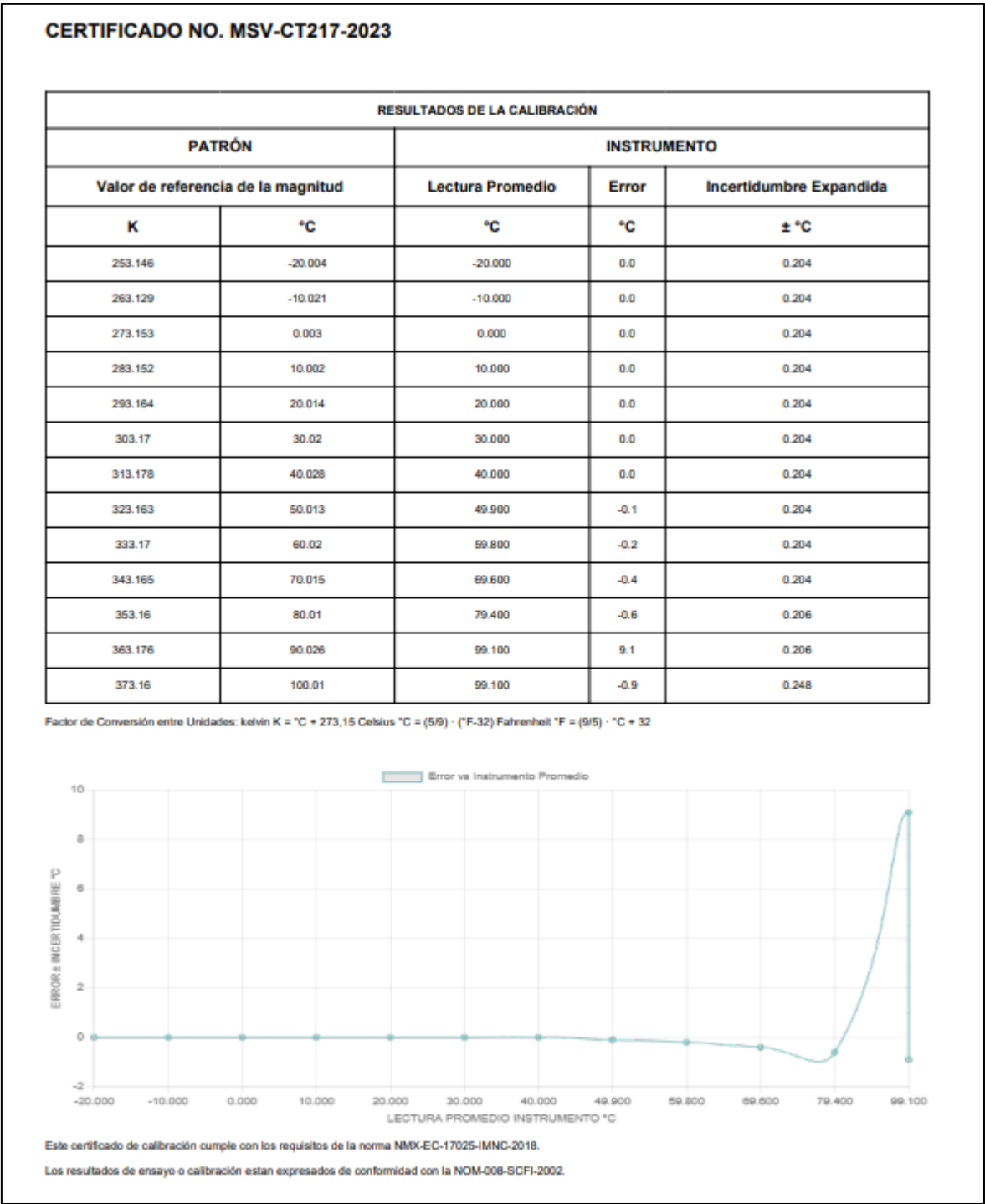


Figura 4.19 Segunda página del certificado de TLV en PDF.

4.2 Resultados del algoritmo de regresión

En esta sección se va a mostrar el resultado del algoritmo de árboles de regresión que fue aplicado en el *dashboard*.

4.2.1 Usabilidad del algoritmo en el *dashboard*

En la figura 4.20 se encuentra marcada con color rojo la sección del *dashboard* en donde el usuario va a introducir la temperatura que quiera predecir.

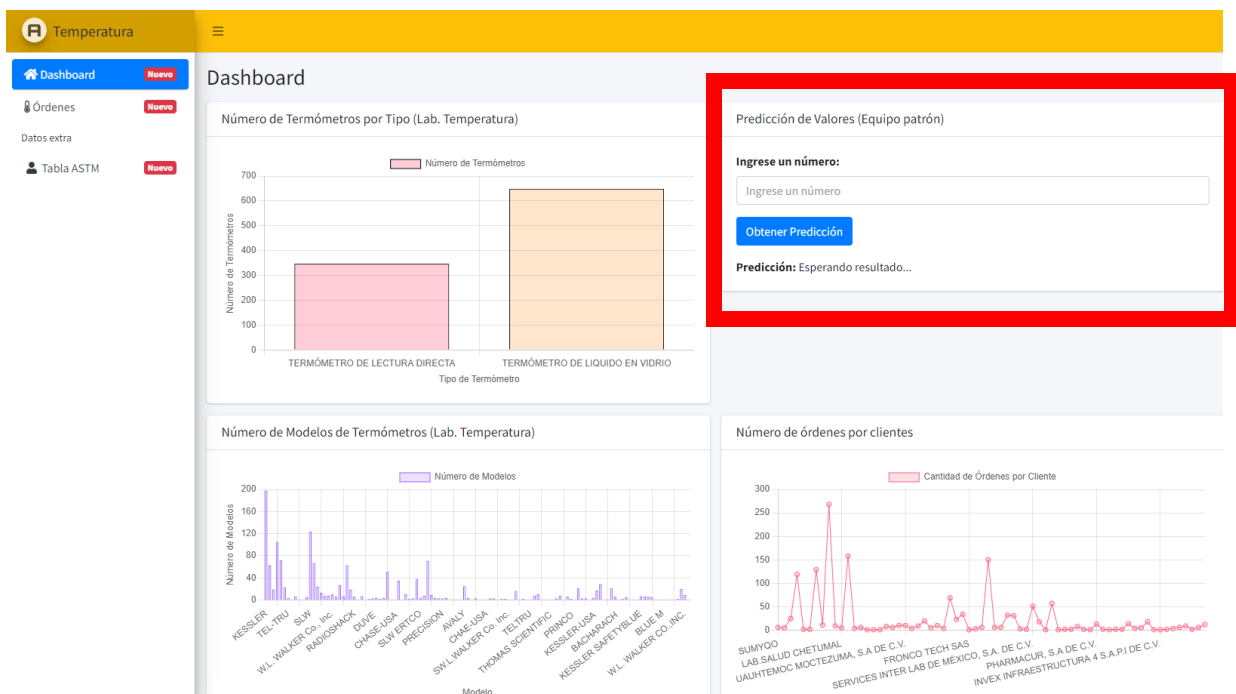
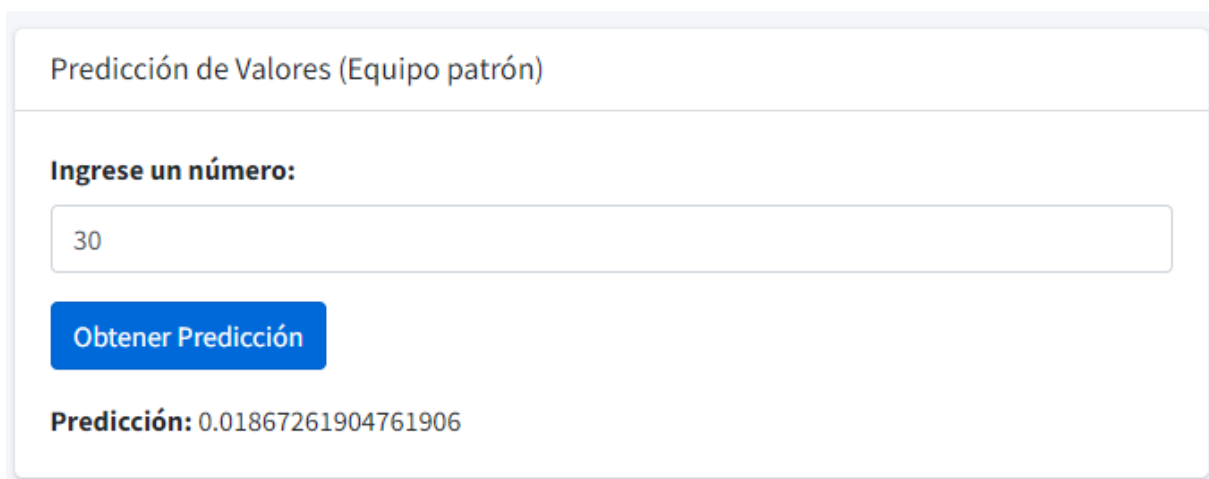


Figura 4.20 Sección del algoritmo en el *dashboard*

A continuación, se van a mostrar 2 ejemplos con las lecturas de 30 y 50 respectivamente, estas lecturas fueron elegidas por el ingeniero encargado de la calibración ya que son de las lecturas más comunes dentro de los puntos a calibrar en los termómetros.

En la figura 4.21 se muestra un ejemplo de cuando el usuario introduce la temperatura de 30 y el resultado que le muestra el algoritmo.



Predicción de Valores (Equipo patrón)

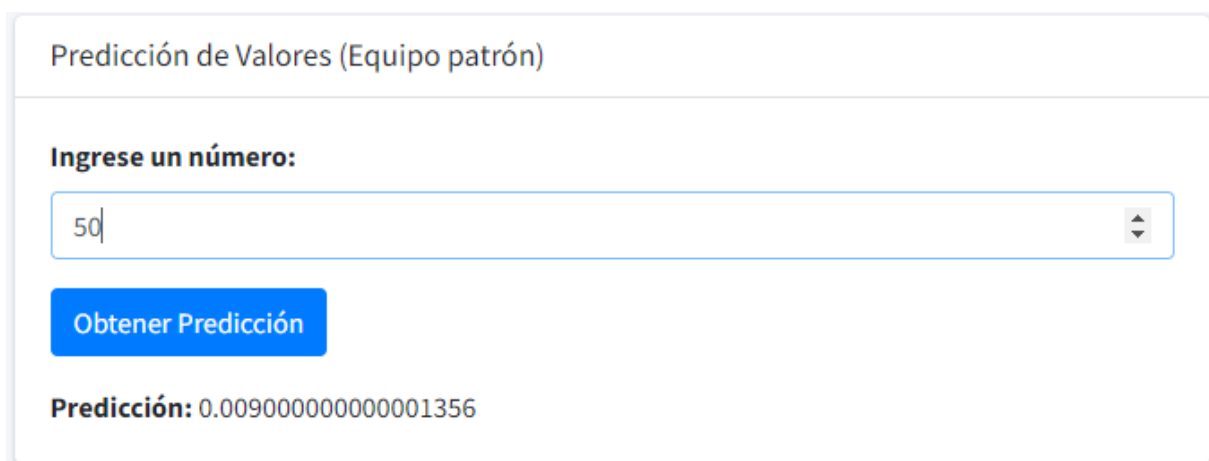
Ingrese un número:

Obtener Predicción

Predicción: 0.01867261904761906

Figura 4.21 Ejemplo 1 de predicción de valores.

A continuación, en la figura 4.22 se muestra el segundo ejemplo con otra temperatura.



Predicción de Valores (Equipo patrón)

Ingrese un número:

Obtener Predicción

Predicción: 0.0090000000000001356

Figura 4.22 Ejemplo 2 de predicción de valores.

El resultado que se muestra en la figura 4.21 quiere decir que, si la temperatura que se va a calibrar es de 30 grados, el equipo patrón posiblemente tenga una diferencia de 0.0186 de esa temperatura. Entonces la lectura probable del equipo patrón sea de 30 grados en este caso, ya que la resolución del equipo patrón es de 0.5, es decir, las lecturas del equipo patrón solamente soportan como máximo 1 decima. En este caso en particular, de acuerdo al ingeniero responsable del laboratorio de temperatura es un valor adecuado como lectura del equipo patrón.

Cuando el equipo patrón tenga mucho tiempo sin ser calibrado, en las predicciones se espera un valor muy grande, inclusive predicciones de 1 o 2 unidades. Esto quiere decir que, el equipo patrón ya no se encuentra en óptimas condiciones para seguir ofreciendo servicios de calibración a sus clientes.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones.

El desarrollo de la aplicación web para la empresa METROLOGÍA Y SUMINISTROS DE VERACRUZ S.A. DE C.V. ha demostrado ser una solución eficiente y efectiva para optimizar el proceso de calibración de termómetros, eliminando la necesidad de gestionar múltiples documentos de Excel para cada dispositivo. La centralización de los datos de calibración en un único sistema no solo mejora la organización y el acceso a la información, sino que también reduce significativamente el tiempo dedicado a las tareas administrativas, permitiendo a los usuarios concentrarse en el análisis de los resultados.

Uno de los logros más relevantes de este proyecto es la implementación de un algoritmo de regresión que predice el error de las lecturas del equipo patrón, una funcionalidad que proporciona un valor añadido a la empresa. Esta herramienta permite a los responsables de calibración tomar decisiones más informadas sobre cuándo es necesario realizar una recalibración, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la precisión en los procesos de medición.

Asimismo, la integración del dashboard ofrece a los usuarios una vista clara y visual de las tendencias de calibración, lo que facilita la interpretación de los datos y la toma de decisiones. Este avance tecnológico representa un paso importante hacia la modernización de los procesos de la empresa, alineándose con las tendencias de la Industria 4.0, en la que la automatización y el análisis predictivo juegan un papel fundamental.

5.2 Recomendaciones

Para maximizar los beneficios de la aplicación web y asegurar su evolución continua, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. **Capacitación constante del personal:** Se recomienda realizar sesiones periódicas de capacitación para los usuarios del sistema, a fin de asegurar que conozcan a fondo las funcionalidades de la plataforma y aprovechen al máximo las herramientas disponibles, especialmente el algoritmo de regresión.
2. **Mantenimiento y actualizaciones regulares:** Es crucial que el sistema sea revisado y actualizado regularmente para garantizar su estabilidad y seguridad. Se sugiere implementar un plan de mantenimiento que contemple la mejorar de la interfaz de usuario, la corrección de posibles errores, y la incorporación de nuevas funcionalidades basadas en las necesidades emergentes de la empresa.
3. **Escalabilidad de la aplicación:** A medida que la empresa crezca y se diversifiquen sus operaciones, es importante prever la escalabilidad del sistema para que maneje un volumen mayor de datos y calibraciones sin comprometer el rendimiento ni la usabilidad de la plataforma.

Con la implementación de estas recomendaciones, la empresa asegura una mayor durabilidad y efectividad de la aplicación, logrando mantener sus procesos de calibración a la vanguardia de las tendencias tecnológicas en metrología

Bibliografía.

- [1] R. Ahuja, D. Khan, D. Symonete, M. DesJardins, S. Stacey, and D. Engel, “A digital dashboard for supporting online student teamwork,” in *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW*, Association for Computing Machinery, Nov. 2019, pp. 132–136. doi: 10.1145/3311957.3359490.
- [2] A. S. D. P. Alberto and F. L. Jacob, “The teaching of metrology: The genesis and the epilogue of a degree,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Oct. 2019, pp. 87–91. doi: 10.1145/3362789.3362854.
- [3] Freepik Company S.L, “Freepik,” <https://www.freepik.es/>.
- [4] S. de la Fuente Ruiz, “Implantación, estudio y control de calidad de variables climáticas en el ámbito de la metrología 4.0,” Universidad de Valladolid , valladolid, 2019.
- [5] Nilton Pereira Alves Denilson Nogueira de Moraes, “Metrologia Química e a Utilização de Materiais de Referência em Medições Químicas,” *QUIMLAB – Universidade do Vale do Paraíba*.
- [6] I. E. Suleimenov, Y. S. Vitulyova, A. S. Bakirov, and O. A. Gabrielyan, “Artificial Intelligence: What is it?,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Apr. 2020, pp. 22–25. doi: 10.1145/3397125.3397141.
- [7] K. Zhu, “Analysis of Techniques for Data Mining,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Apr. 2021, pp. 38–41. doi: 10.1145/3478301.3478308.
- [8] “Different Types of Regression Models - Analytics Vidhya.” Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/01/different-types-of-regression-models/#>
- [9] “Decision Tree Regression — scikit-learn 1.4.2 documentation.” Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/tree/plot_tree_regression.html
- [10] E. D. Berger *et al.*, “On the impact of programming languages on code quality: A reproduction study,” *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, vol. 41, no. 4, Oct. 2019, doi: 10.1145/3340571.

- [11] “JCGM GUM-6:2020 Guide to the expression of uncertainty in measurement-Part 6: Developing and using measurement models Guide pour l’expression de l’incertitude de mesure-Partie 6: Élaboration et utilisation des modèles de mesure,” 2020. [Online]. Available: www.bipm.org
- [12] Y. Ye, “Research on University Personnel Management Information System Based on Database,” *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 63–66, May 2020, doi: 10.1145/3402569.3409037.
- [13] G. C. Murphy, “Beyond integrated development environments: Adding context to software development,” in *Proceedings - 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results, ICSE-NIER 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May 2019, pp. 73–76. doi: 10.1109/ICSE-NIER.2019.00027.
- [14] Microsoft, “Información general sobre ASP.NET MVC,” <https://learn.microsoft.com/es-es/aspnet/mvc/overview/older-versions-1/overview/asp-net-mvc-overview>.
- [15] S. Suakanto, S. H. Supangkat, Suhardi, and R. Saragih, “Ciudades inteligentes y datos abiertos: un Dashboard basado en minería de datos,” *Proceedings - International Conference on ICT for Smart Society 2013: “Think Ecosystem Act Convergence”, IC/ISS 2013*, pp. 52–56, 2017, doi: 10.1109/ICTSS.2013.6588063.
- [16] E. Estrada, A. Peña, P. Negrón, G. Lara López, and L. Casillas, “Algoritmos para el control de indicadores clave de desempeño para Smart Cities Key Performance Indicators Algorithms for Smart Cities,” *Research in Computing Science*, vol. 147, no. 8, pp. 121–133, 2018.
- [17] C. A. González Catalán, “Arquitectura de un Dashboard de monitoreo de Proyectos de Software en PYMES mediante la integración de herramientas de desarrollo,” 2019, Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/172671>
- [18] A. Olga Cecilia Úsuga Manco, “Desarrollo de dashboard para la gestión de operaciones de la dirección de calidad de Postobón S.A,” 2023, Accessed: Sep. 24, 2023. [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33326>
- [19] Maciej Serda *et al.*, “Diseño e implementación de dashboards para la visualización de clústeres agregados de regiones geográficas,” *Uniwersytet śląski*, vol. 7, no. 1, pp. 343–354, 2019, doi: 10.2/JQUERY.MIN.JS.
- [20] V. Alexandra Haro Valle Cotutores and J. Vicente Benlloch Dualde Lenin Lemus Zúñiga, “Diseño e implementación de un dashboard de soporte académico

- basado en datos de entornos virtuales de aprendizaje,” Nov. 2018, Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/111761>
- [21] José Alejandro Solís Marrufo, “Eficiencia en los procesos de compra y venta de una empresa del sector de refacciones mediante el uso de ciencia de datos,” Ciudad de México, Sep. 2019.
 - [22] P. Pousa Martínez, “Monitorización de una blockchain e implementación de cuadros de mando de transacciones,” 2021.
 - [23] Laura Nataly Martínez Montaña, “Aplicación para implementación de indicadores de gestión tecnológica en institución prestadora de salud,” Bogotá D.C, 2022.
 - [24] R. I. J. Núñez Hernández, L. R. Dávila Leytón., and E. M. Espinoza López, “Sistema automatizado para la Gestión de la Calidad del Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología de la UNAN–Managua, con énfasis en los procesos operativos basado en la norma ISO 17025:2017, I semestre 2019,” Dec. 2019.
 - [25] L. De Metrología *et al.*, “Sistema de control de una cámara de presión en el laboratorio de metrología del INAMHI orientado a la tecnología IoT,” 2023, Accessed: Oct. 15, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24436>
 - [26] C. A. Duncan, M. T. Goodrich+, and E. A. Ramos~, “Efficient Approximation and Optimization Algorithms for Computational Metrology.”
 - [27] S. Shabaninejad, H. Khosravi, M. Indulska, A. Bakharia, and P. Isaias, “Automated insightful drill-down recommendations for learning analytics dashboards,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Mar. 2020, pp. 41–46. doi: 10.1145/3375462.3375539.
 - [28] F. Zhang, W. Jiang, and H. Wang, “Virtual Metrology for Semiconductor Chemical Mechanical Planarization Process Using Wide & Deep Learning,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Oct. 2021, pp. 345–349. doi: 10.1145/3497623.3497679.
 - [29] The PHP Group, “¿Qué es PHP?,” <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
 - [30] “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined.” Accessed: Apr. 30, 2024. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
 - [31] Google, “¿Qué es MySQL?,” <https://www.mysql.com/>.
 - [32] “UWE – UML-based Web Engineering,” <https://uwe.pst.ifi.lmu.de/teachingTutorialSpanish.html>.

- [33] "Laravel - The PHP Framework For Web Artisans." Accessed: May 05, 2024. [Online]. Available: <https://laravel.com/>
- [34] "3.3. Metrics and scoring: quantifying the quality of predictions — scikit-learn 1.4.2 documentation." Accessed: Apr. 24, 2024. [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/modules/model_evaluation.html#regression-metrics