



Tensio

Manual de Usuario

Advanced Tensile Data Processing

Versión 1.1.0

M.S.C. Rubén Castañeda Balderas

<https://cimav.edu.mx/>

ruben.castaneda@cimav.edu.mx

Índice

1. Introducción	1
1.1. La Limitación de los Sistemas Cerrados	1
1.2. Necesidad de Transparencia Matemática	1
2. Propiedades Mecánicas: Algoritmos y Relevancia en Ingeniería	2
2.1. Esfuerzo y Deformación Ingenieril	2
2.2. Módulo de Young (E): Rigidez y Deflexión	2
2.3. Límite de Cedencia (σ_y): El Umbral de Seguridad	3
2.4. Resistencia Máxima (σ_{UTS}) y Ductilidad	3
3. Interfaz Gráfica y Flujo de Trabajo	3
3.1. Carga y Compatibilidad de Datos	3
3.2. Módulo de Gestión y Selección de Muestras	4
3.3. Identificación de Variables Geométricas y de Reporte	5
3.4. Selección de Propiedades Mecánicas y Unidades de Reporte	5
3.5. Mapeo Dinámico de Columnas de Datos	6
4. Procesamiento Analítico: Ajuste de Módulo y Cedencia	7
4.1. Criterios de Ajuste: Automático vs. Manual	8
4.2. Teoría de la Corrección de Origen (Toe Compensation)	9
4.3. Visualización de Validación Científica	10
5. Consolidación de Resultados y Exportación de Datos	10
5.1. Reporte Maestro en Formato Excel	11
6. Avisos Legales, Responsabilidad y Citación	11
6.1. Cita Sugerida	11
6.2. Aviso de Responsabilidad (Disclaimer)	12

6.3. Derechos de Uso	12
--------------------------------	----

Índice de figuras

1. Espacio del software en donde se puede cargar el archivo proveniente de la máquina Instron.	4
2. Interfaz de selección de especímenes para el procesamiento de datos.	5
3. Interfaz para la selección y mapeo de etiquetas de geometría y variables de reporte.	6
4. Interfaz de selección de propiedades mecánicas y definición de parámetros de cálculo.	7
5. Interfaz de mapeo de columnas para la identificación de variables de carga y deformación.	8
6. Interfaz con la gráfica original. Se observan los datos provenientes del archivo RAW.	8
7. Interfaz de ajuste individual. Se observa la comparación entre el modo manual/automático y la visualización de la corrección de origen.	9
8. Interfaz de ajuste en donde se puede observar como ya se hicieron los cálculos y las líneas de referencia de los mismos.	10
9. Representación del flujo de exportación y estructura del archivo Excel generado.	11

1. Introducción

La caracterización mecánica de materiales mediante ensayos de tensión uniaxial es uno de los pilares fundamentales en la ciencia e ingeniería de materiales. Si bien el principio del ensayo es conceptualmente simple, la obtención de datos precisos en un entorno de investigación de posgrado presenta desafíos experimentales que van más allá de la simple lectura de una celda de carga y un extensómetro.

1.1. La Limitación de los Sistemas Cerrados

La mayoría de los equipos comerciales, como los sistemas *Instron*, operan bajo entornos de software propietarios que, aunque robustos, funcionan a menudo como "sistemas cerrados". Estos sistemas aplican algoritmos de procesamiento estandarizados que pueden no ser adecuados para materiales experimentales o configuraciones de ensayo no convencionales. La importancia de una herramienta como **TENSIO** radica en la necesidad de una flexibilidad analítica que permita al investigador intervenir en el tratamiento de los datos crudos (*RAW data*).

En la práctica experimental, existen múltiples fenómenos que los sistemas automatizados comerciales suelen omitir o procesar de forma genérica:

- **Interacción de Sujeción y Tolerancias:** Las mordazas, ya sean estandarizadas o personalizadas para geometrías específicas, introducen tolerancias mecánicas y fricciones iniciales que afectan la respuesta temprana del material Prato et al., 2023.
- **Alineación y Materiales de Acomodo:** En muchas pruebas de investigación, es común el uso de materiales de sacrificio o suplementos de alineación para asegurar que la probeta mantenga la verticalidad. Estos elementos introducen una compliancia.^o deformación parásita en el sistema que debe ser identificada y corregida manualmente para no subestimar el Módulo de Young Prato et al., 2023.
- **Compensación de Base (Toe Compensation):** La zona inicial de las curvas esfuerzo-deformación suele presentar una curvatura artificial debida al asentamiento del espécimen en las mordazas o la eliminación de holguras en la cadena de carga Sidorenko et al., 2024. Un software de investigación debe permitir un control fino sobre este ajuste para evitar errores sistemáticos en el cálculo de la rigidez Scales et al., 2023.

1.2. Necesidad de Transparencia Matemática

Para que un resultado sea publicable en revistas de alto impacto o forme parte de una tesis de grado, el proceso de obtención de datos debe ser transparente y reproducible. Depender de un valor entregado automáticamente por una máquina universal sin conocer el rango de regresión o el método de filtrado aplicado es un riesgo metodológico Sidorenko et al., 2024 Scales et al., 2023.

TENSIO ha sido desarrollado para cerrar esta brecha, permitiendo al usuario visualizar, ajustar y validar cada etapa del procesamiento. Esto es particularmente crítico cuando se trabaja con nuevos materiales donde la transición elasto-plástica no es evidente o donde el ruido de la señal, debido a la alta sensibilidad de los instrumentos, requiere un tratamiento diferenciado que no comprometa la integridad de las propiedades calculadas Rom y Priel, 2025.

Al proporcionar un control total sobre el mapeo de variables y los rangos de ajuste, esta herramienta se posiciona no solo como un procesador de datos, sino como un instrumento de validación científica para el investigador de materiales.

2. Propiedades Mecánicas: Algoritmos y Relevancia en Ingeniería

El software **TENSIO** automatiza la extracción de parámetros críticos a partir de la curva esfuerzo-deformación. A continuación, se detallan los fundamentos de cada propiedad, las fórmulas que rigen su cálculo y su impacto en el diseño mecánico.

2.1. Esfuerzo y Deformación Ingenieril

Para efectos de procesamiento, se utilizan las definiciones nominales, estándares en la caracterización inicial de materiales. El software realiza la transformación de datos RAW (Carga y Extensión) mediante:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad ; \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1)$$

Donde A_0 es el área transversal inicial y L_0 la longitud calibrada. Esta normalización permite que los resultados de **TENSIO** sean independientes de la geometría de la probeta, facilitando la comparación científica.

2.2. Módulo de Young (E): Rigidez y Deflexión

El Módulo de Young representa la rigidez del material. **TENSIO** utiliza un algoritmo de *regresión lineal de ventana móvil* que busca el segmento que maximiza el coeficiente de determinación (R^2) mediante mínimos cuadrados:

$$E = \frac{n \sum (\epsilon \sigma) - \sum \epsilon \sum \sigma}{n \sum \epsilon^2 - (\sum \epsilon)^2} \quad (2)$$

- **Valor en Diseño:** Es fundamental para predecir deflexiones elásticas. Un error en este cálculo puede derivar en fallas dimensionales en componentes de precisión.

- **Precisión del Software:** Al emplear una ventana óptima, el software mitiga errores por asentamiento de mordazas o falta de linealidad inicial Sidorenko et al., 2024.

2.3. Límite de Cedencia (σ_y): El Umbral de Seguridad

Para materiales sin un punto de fluencia marcado, se implementa el método de *offset* al 0.2 %. El software identifica la intersección entre la curva experimental $f(\epsilon)$ y una recta paralela al módulo elástico desplazada:

$$\sigma_{offset} = E \cdot (\epsilon - 0,002) \quad (3)$$

- **Valor en Diseño:** Define el límite de carga segura. Es el parámetro principal para establecer factores de seguridad y evitar la deformación plástica permanente.
- **Determinismo:** El uso de este algoritmo elimina la subjetividad del investigador al trazar tangentes manualmente Rom y Priel, 2025; Scales et al., 2023.

2.4. Resistencia Máxima (σ_{UTS}) y Ductilidad

El software identifica el esfuerzo máximo del vector de datos (σ_{UTS}) y la deformación a la ruptura (ϵ_f).

- **Valor en Diseño:** La σ_{UTS} indica la capacidad máxima de carga ante fallas catastróficas, mientras que la ϵ_f (ductilidad) determina si un material fallará de forma frágil o con previo aviso plástico.

3. Interfaz Gráfica y Flujo de Trabajo

El software **TENSIO** presenta una arquitectura basada en la web mediante el framework *Streamlit*, diseñada para ofrecer una experiencia de usuario intuitiva con una curva de aprendizaje mínima para investigadores y estudiantes.

3.1. Carga y Compatibilidad de Datos

El sistema está optimizado para procesar archivos con extensión *.RAW*, generados por el estándar industrial *Bluehill* de la marca *Instron*. A pesar de las diversas actualizaciones que este software ha recibido a lo largo de las décadas, la estructura de salida de datos (*raw data*) ha mantenido una consistencia técnica que permite a **TENSIO** ser compatible con múltiples generaciones de equipos.

En el contexto del Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV), donde coexisten diversos laboratorios de caracterización mecánica, esta compatibilidad es fundamental. El software permite que los alumnos centralicen el procesamiento de datos provenientes de distintos equipos, estandarizando la metodología de cálculo para reportes técnicos y tesis de grado.

El flujo de trabajo comienza con el módulo de carga (véase Figura 1), el cual valida la integridad del archivo antes de proceder al mapeo de variables.

TENSIO: Advanced Tensile Data Processing

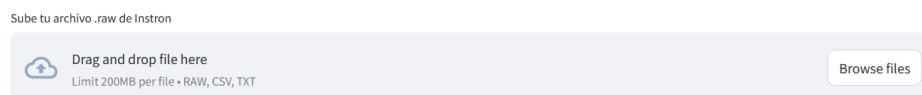


Figura 1: Espacio del software en donde se puede cargar el archivo proveniente de la máquina Instron.

3.2. Módulo de Gestión y Selección de Muestras

Una de las ventajas críticas de **TENSIO** frente a los reportes automáticos de las máquinas universales es la capacidad de discriminación de datos. En ensayos de laboratorio, es frecuente que ciertos especímenes deban ser excluidos del análisis estadístico final debido a anomalías experimentales, tales como el deslizamiento en las mordazas o fracturas ocurridas fuera de la longitud calibrada (*gage length*).

El software analiza dinámicamente el archivo cargado e identifica de forma individual cada probeta contenida en el lote original. Mediante un control de selección múltiple (véase Figura 2), el investigador puede:

- **Filtrado Selectivo:** Excluir muestras atípicas (*outliers*) que podrían sesgar los promedios del lote.
- **Optimización de Memoria:** Procesar únicamente la información relevante, agilizando el cálculo de las propiedades mecánicas y la generación de gráficos.
- **Flexibilidad Analítica:** Comparar subgrupos de muestras dentro de un mismo archivo RAW sin necesidad de manipular manualmente el archivo fuente.

Esta etapa garantiza que el análisis de esfuerzo-deformación se realice exclusivamente sobre datos validados por el criterio del investigador, cumpliendo con los estándares de rigor científico exigidos en publicaciones de posgrado.

1. Selección de Muestras



Figura 2: Interfaz de selección de especímenes para el procesamiento de datos.

3.3. Identificación de Variables Geométricas y de Reporte

En la estructura de datos de una máquina universal, la geometría de la probeta se registra bajo etiquetas específicas durante la configuración del ensayo. Sin embargo, no todos los metadatos contenidos en el archivo *RAW* son necesarios para el análisis final. **TENSIO** permite al investigador realizar una selección precisa de las variables que se conservarán en el reporte y que se utilizarán para la normalización de los esfuerzos.

A través de la interfaz (véase Figura 3), el usuario debe gestionar dos aspectos fundamentales para la integridad del reporte:

- **Mapeo de Etiquetas de Geometría:** El software identifica las columnas de dimensiones (como espesor, ancho o diámetros) registradas en el archivo de origen. El usuario elige qué parámetros de sección transversal son los representativos para el cálculo del área inicial (A_0), asegurando que el esfuerzo (σ) se compute sobre la base correcta.
- **Selección de Parámetros de Reporte:** Se permite filtrar y conservar etiquetas de interés (por ejemplo, longitud final o espesor de pared) que deben figurar en el reporte final de investigación. Esto evita la saturación de datos irrelevantes y prioriza la trazabilidad de la muestra.
- **Validación de Longitud Calibrada (L_0):** Se establece el valor de referencia para el cálculo de la deformación unitaria (ϵ), recuperando la configuración original del ensayo para mantener la consistencia con el estándar (ASTM/ISO) aplicado.

Esta etapa no altera las mediciones realizadas por el instrumento, sino que define el criterio de extracción de información para garantizar que los resultados publicados sean técnicamente consistentes.

3.4. Selección de Propiedades Mecánicas y Unidades de Reporte

Tras la definición de las variables geométricas, el software permite al investigador determinar el alcance analítico del procesamiento. Dado que no todas las propiedades mecánicas son representativas para todos los tipos de materiales o configuraciones de ensayo, **TENSIO** otorga libertad al usuario para seleccionar qué parámetros desea calcular y, por consiguiente, reportar.

2. Geometría

<input checked="" type="checkbox"/> Anchura (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Espesor (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Longitud (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro interior (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro exterior (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Espesor de la pared (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Área (cm ²)
<input checked="" type="checkbox"/> Anchura final (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Espesor final (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Longitud final (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro final (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro interior final (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Diámetro exterior final (mm)
<input checked="" type="checkbox"/> Espesor de pared final (mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Área final (cm ²)

Figura 3: Interfaz para la selección y mapeo de etiquetas de geometría y variables de reporte.

Este módulo de selección (véase Figura 4) actúa como un filtro de procesamiento algorítmico sobre los datos normalizados, permitiendo una gestión eficiente de los resultados finales. Los parámetros disponibles para el cálculo opcional incluyen:

- **Módulo de Elasticidad (MPa):** Calculado mediante la pendiente de máxima linealidad.
- **Límite de Cedencia (MPa):** Identificado por el método de *offset* al 0.2 %.
- **Resistencia a la Tensión (σ_{UTS} , MPa):** El valor de esfuerzo máximo registrado.
- **Deformación a la Ruptura (mm/mm):** El límite de ductilidad alcanzado en el ensayo.

Es fundamental destacar que el software estandariza las unidades de salida al sistema internacional (MPa para esfuerzos y mm/mm para deformación unitaria). Esta etapa garantiza que el reporte final de investigación sea conciso, incluyendo únicamente los valores que el investigador considera críticos para la caracterización de su muestra, evitando la inclusión de datos redundantes o no aplicables al comportamiento específico del material ensayado.

3.5. Mapeo Dinámico de Columnas de Datos

Debido a la naturaleza heterogénea de los archivos generados por las diversas versiones del software *Bluehill* y las distintas configuraciones de ensayo (tensión, compresión o

3. Propiedades (con Unidades)

- ☒ Esfuerzo Máximo (MPa)
- ☒ Deformación Máxima (%)
- ☒ Carga Máxima (N)
- ☒ Módulo de Young (GPa)
- ☒ Límite de Cedencia 0.2% (MPa)

Figura 4: Interfaz de selección de propiedades mecánicas y definición de parámetros de cálculo.

flexión), las etiquetas de las columnas de datos no presentan una nomenclatura estandarizada. **TENSIO** aborda esta variabilidad mediante un módulo de mapeo dinámico, donde el investigador identifica manualmente las variables fundamentales para el cálculo.

Este paso es esencial para la integridad del procesamiento, permitiendo al usuario asignar las columnas correspondientes del archivo *RAW* a los ejes de análisis del software (véase Figura 5):

- **Selección de la Variable Independiente (Deformación/Extensión):** El usuario identifica la columna que representa el desplazamiento o la deformación unitaria. Esto es crítico ya que, dependiendo de la configuración del equipo, esta puede provenir del desplazamiento de la cruceta o de un extensómetro.
- **Selección de la Variable Dependiente (Carga/Esfuerzo):** Se identifica la columna de respuesta mecánica. El software está diseñado para detectar automáticamente si el dato de entrada es una carga bruta (*N* o *kgf*) o un esfuerzo ya calculado por la máquina, procediendo con la normalización correspondiente.

Esta capacidad de selección garantiza que el software sea compatible con cualquier arquitectura de datos de *Instron*, otorgando al investigador el control total sobre qué flujos de información alimentarán los algoritmos de Módulo de Young y Cedencia, evitando errores de lectura por incompatibilidad de versiones.

4. Procesamiento Analítico: Ajuste de Módulo y Cedencia

Esta etapa constituye el núcleo de inteligencia de **TENSIO**, donde la configuración previa se materializa en cálculos de alta precisión. El software permite una validación

4. Mapeo

Columna Esfuerzo (Y): Esfuerzo de tracción MPa ▼ Columna Deformación (X): Deformación por tracción % ▼ ☒ ¿Deformación en %?

Figura 5: Interfaz de mapeo de columnas para la identificación de variables de carga y deformación.

individual por espécimen (véase Figura 6), otorgando al investigador la soberanía sobre el criterio de ajuste mediante dos modalidades de operación.

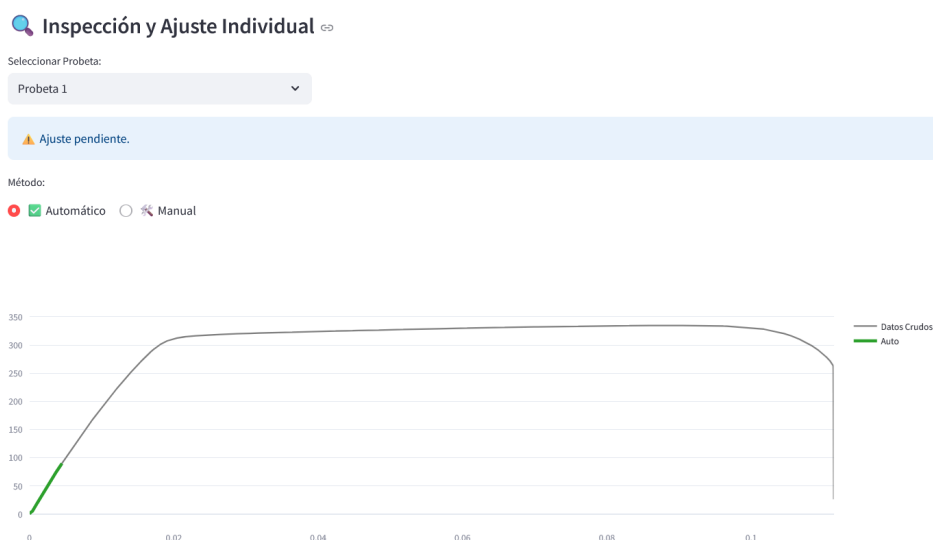


Figura 6: Interfaz con la gráfica original. Se observan los datos provenientes del archivo RAW.

4.1. Criterios de Ajuste: Automático vs. Manual

Para cada probeta seleccionada, el sistema ofrece una flexibilidad analítica única:

- **Modo Automático:** El software emplea los algoritmos de búsqueda de máxima linealidad descritos anteriormente, identificando el segmento de la curva con el coeficiente de determinación (R^2) más alto para calcular el Módulo de Young (E).
- **Modo Manual (Criterio del Investigador):** Reconociendo que materiales complejos o con ruido experimental pueden confundir a los algoritmos estándar, se habilita una interfaz táctil/deslizable. El investigador define visualmente el rango de la región elástica, permitiendo que su *expertise* guíe la regresión lineal.

4.2. Teoría de la Corrección de Origen (Toe Compensation)

La región inicial de las curvas esfuerzo-deformación suele presentar una curvatura artificial. Este fenómeno no es intrínseco al material, sino que resulta del asentamiento de la probeta, la eliminación de holguras en la cadena de carga o la fricción en las mordazas. Ignorar esta zona desplaza la curva hacia la derecha, resultando en valores de deformación erróneos.

TENSIO aplica una corrección de origen basada en la proyección de la región elástica lineal (véase Figura 7). Tras calcular la regresión lineal ($y = m \cdot x + b$) en el segmento seleccionado, el software determina el punto de intersección con el eje de deformación (donde $\sigma = 0$):

$$\epsilon_{offset} = -\frac{b}{m} \quad (4)$$

Donde m representa el Módulo de Young calculado y b es el intercepto de la ordenada. Posteriormente, el software redefine el vector de deformación unitaria para que la respuesta elástica sea proporcional desde el origen:

$$\epsilon_{corregida} = \epsilon_{experimental} - \epsilon_{offset} \quad (5)$$

Este ajuste es lo que permite que, al visualizar la gráfica en el software, la línea del módulo y la curva del material coincidan perfectamente en el cero matemático, garantizando la precisión en los cálculos subsiguientes de cedencia y ductilidad.

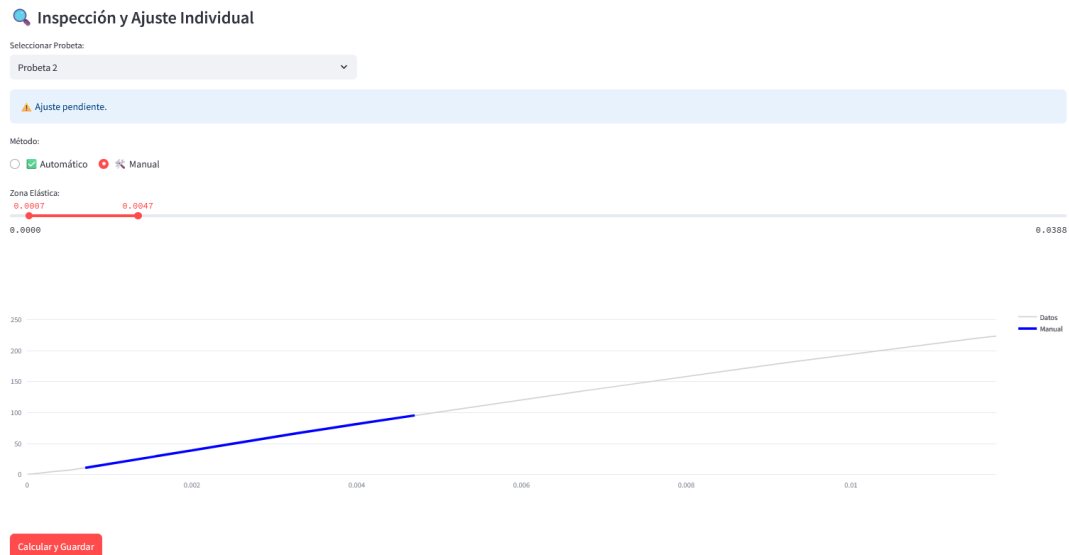


Figura 7: Interfaz de ajuste individual. Se observa la comparación entre el modo manual/automático y la visualización de la corrección de origen.

4.3. Visualización de Validación Científica

Tras el ajuste, el software genera una gráfica de alta fidelidad (véase Figura 8) que presenta simultáneamente tres componentes clave:

1. **Curva Corregida:** Los datos desplazados para que el comportamiento elástico inicie estrictamente en el origen.
2. **Línea del Módulo de Young:** Una representación visual de la pendiente calculada (E), permitiendo verificar la calidad del ajuste sobre los datos experimentales.
3. **Línea de Cedencia (Offset 0.2%):** La recta paralela al módulo elástico que determina, mediante su intersección con la curva, el esfuerzo de fluencia (σ_y).

Esta triple validación asegura que cada propiedad reportada tenga un sustento gráfico y matemático transparente, cumpliendo con los estándares de reproducibilidad científica Sidorenko et al., 2024.



Figura 8: Interfaz de ajuste en donde se puede observar como ya se hicieron los cálculos y las líneas de referencia de los mismos.

5. Consolidación de Resultados y Exportación de Datos

La etapa final de **TENSIO** integra los análisis individuales en un reporte técnico exhaustivo. El software asegura la trazabilidad de la información mediante un proceso de validación obligatoria: solo cuando se han procesado y aceptado los cálculos para la totalidad de las probetas seleccionadas, se habilita el módulo de exportación definitiva.

5.1. Reporte Maestro en Formato Excel

Al activar el botón de descarga, el sistema genera un libro de cálculo dinámico (.xlsx) estructurado bajo estándares de reporte de laboratorio. A diferencia de una exportación simple, el archivo generado contiene:

- **Hoja de Resumen Estructural:** Presenta la tabla consolidada de propiedades mecánicas (E , σ_y , σ_{UTS} , ϵ_f) de todas las muestras. Incluye una gráfica comparativa insertada directamente en el archivo, que muestra las curvas esfuerzo-deformación ya corregidas por el método de *Toe Compensation*.
- **Libros de Datos Crudos y Corregidos:** Por cada probeta analizada, se crea una pestaña independiente con el historial de datos punto a punto. Se exportan tanto el esfuerzo (MPa) como la deformación unitaria corregida (mm/mm).
- **Interoperabilidad:** Esta estructura está diseñada para que el investigador pueda migrar los datos corregidos hacia software de graficación especializado o paquetes de análisis estadístico avanzado, garantizando que el trabajo de corrección realizado en **TENSIO** sea la base de cualquier análisis posterior.

Esta capacidad de exportación no solo ahorra tiempo administrativo, sino que actúa como un repositorio digital del experimento, donde la información en bruto y los parámetros calculados coexisten de forma organizada y lista para su inclusión en publicaciones científicas o tesis de grado.

 **Tabla de Resultados Acumulados**

ID_Muestra	Anchura (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (%)	Módulo de Young (GPa)	R ² Ajuste	Límite de Cederencia 0.2% (MPa)	Carga Máxima (N)
0 Probeta 1	12.42	1.51	50	0.1875	334.7125	11.1355	20.628	0.9991	261.7075	6277.285
1 Probeta 2	12.43	1.52	50	0.1889	336.3152	11.6231	20.9518	0.9991	280.2076	6354.205
2 Probeta 3	12.21	1.52	50	0.1896	337.221	11.9095	20.5968	0.9998	290.3447	6258.553
3 Probeta 4	12.38	1.54	50	0.1891	331.9765	12.1866	20.0373	0.9998	266.3669	6278.075
4 Probeta 5	12.41	1.53	50	0.1889	332.9814	13.139	19.4725	0.9992	251.9214	6322.417

Progreso: 5 de 5 probetas.

¡Análisis completado! Generando Excel...

 [Descargar Reporte Excel \(.xlsx\)](#)

Figura 9: Representación del flujo de exportación y estructura del archivo Excel generado.

6. Avisos Legales, Responsabilidad y Citación

El uso del software **TENSIO** implica la aceptación de los términos de responsabilidad y propiedad intelectual descritos en esta sección.

6.1. Cita Sugerida

Con el fin de mantener la trazabilidad científica y reconocer el desarrollo académico de esta herramienta, si los datos, gráficas o resultados generados por **TENSIO** son utilizados

en publicaciones académicas, informes técnicos o tesis de grado, se solicita citar de la siguiente manera:

Castañeda, Rubén. (2026). TENSIO: Advanced Tensile Data Processing (Versión 1.1.0). Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV).

6.2. Aviso de Responsabilidad (Disclaimer)

1. **Naturaleza del Software:** Esta herramienta se suministra *“as is”* (tal como está). El autor no garantiza la exactitud absoluta de los cálculos derivados debido a la variabilidad inherente en el ruido de señal de los archivos *RAW* y la sensibilidad de los algoritmos de regresión.
2. **Soberanía del Investigador:** **TENSIO** es un software de procesamiento asistido. Los resultados obtenidos no constituyen una certificación automática de cumplimiento de normas internacionales (ASTM, ISO). La validación final y la interpretación de la correspondencia entre las curvas gráficas y los valores tabulados son responsabilidad exclusiva del usuario.
3. **Limitación de Daños:** El autor queda exento de cualquier responsabilidad por daños directos, indirectos o incidentales resultantes de fallos materiales, decisiones de diseño estructural o procesos de manufactura basados en los reportes generados por esta aplicación.

6.3. Derechos de Uso

Este software ha sido desarrollado para fortalecer las capacidades analíticas del **CIMAV**. Queda prohibida su redistribución comercial, ingeniería inversa o modificación del código fuente sin la autorización expresa del autor.

Referencias Bibliográficas

- Prato, A., Schiavi, A., Facello, A., Mazzoleni, F., & Germak, A. (2023). Effects of stress-strain data synchronisation errors on the determination of Young's Modulus of hard and soft materials in material testing machines. *Proceedings of the 24th IMEKO TC3 Conference*. <https://doi.org/10.21014/tc3-2022.084>
- Rom, N., & Priel, E. (2025). A Data-Driven Methodology for Obtaining the Stress-Strain Curves of Metallic Materials Using Discrete Indentation Tests. *Metals*, 15(1), 40. <https://doi.org/10.3390/met15010040>
- Scales, M., Kornuta, J., Switzner, N., & Veloo, P. (2023). Automated Calculation of Strain Hardening Parameters from Tensile Stress vs. Strain Data for Low Carbon Steel Exhibiting Yield Point Elongation. *Experimental Techniques*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s40799-023-00626-4>
- Sidorenko, D., Dol, A., Bessonov, L., Magomedov, I., Ostrovsky, N., & Ivanov, D. (2024). Automated processing of results from mechanical experiments on uniaxial compression of cancellous bone. *Russian Journal of Biomechanics*, 28(4). <https://doi.org/10.15593/rjbiomech/2024.4.10>



Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV)

Chihuahua, México - 2026



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

